PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 7 — 1. April 1937. Redaktionsschluß für Nr. 9 am 15. April 1937. — 38. Jahrgang

INHALT:

Abhandlungen:
B. Groß, Zur Methodik der Analyse von Absorptionskurven der Ultrastrahlung. S. 201.

Berichte:
R. Kollath, Sekundärelektronenemission fester Körper. S. 202.

Besprechungen. S. 224.

Nachrichten S. 224.
Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1936. S. 225.

ABHANDLUNGEN.

Zur Methodik der Analyse von Absorptionskurven der Ultrastrahlung.

Von B. Groß.

Der Verlauf der Absorptionskurve der Ultrastrahlung in der Atmosphäre ist weitgehend bedingt durch den Einfluß der sehr intensiven Sekundärstrahlung, die in großen Höhen der vorherrschende Strahlungsanteil ist und die auch in Meereshöhe noch einen beachtlichen Anteil der Gesamtintensität verkörpert. Eine befriedigende Analyse in dem Sinn einer möglichst voraussetzungslosen Berechnung der Energieverteilung der Primärstrahlung setzt also zunächst eine Abtrennung der sekundären Komponente voraus.

Ist das Elementargesetz der Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie bekannt, so kann man hierauf aufbauend einen allgemeinen funktionellen Zusammenhang zwischen der Form der gemessenen Absorptionskurve, dem Verlauf der Primärstrahlung, und der sie bedingenden Energieverteilung der Strahlung aufstellen und somit letztere eindeutig berechnen. In einer früheren Arbeit (I)[1]) wurden unter Annahme einer speziellen Form des Elementargesetzes (die jedoch heute zumindest als zulässige Annäherung erscheint) solche allgemeine Beziehungen aufgestellt (die somit für jede Form der Absorptionskurve gültig sind) und in einer weiteren Arbeit (II)[2]) zur Deutung des Übergangseffektes, den die Strahlung beim Eintritt in die Atmosphäre erleidet, angewendet.

Im Anschluß hieran ist von Pfotzer[3]) eine Analyse der Absorptionskurve durchgeführt worden. Es werden die in I formulierten Beziehungen über Energieverlust der Primärstrahlung und Bildung der Sekundärstrahlung zugrunde gelegt und auch der charakteristische Verlauf der Absorptionskurve selbst ganz so gedeutet wie in II. Weiterhin wird für den speziellen Fall einer zunächst konstanten, dann exponentiell abfallenden Primärstrahlung der Verlauf der Sekundärstrahlung berechnet und gezeigt, daß sich so ein Gesamtintensitätsverlauf ergibt, der mit dem wirklich gemessenen im wesentlichen übereinstimmt.

Es erscheint jedoch von Interesse, die oben gegebene Methodik der Analyse streng durchzuführen und auf Grund der früher formulierten allgemeinen Beziehungen für einen gegebenen Verlauf der Absorptionskurve hieraus die Kurve der Primärstrahlung abzuleiten. Hierdurch läßt sich die Rechnung auch wesentlich vereinfachen. Wir können uns dabei auf das Gebiet außerhalb des Übergangseffektes beschränken, da ja für das Übergangsgebiet die Rechnung schon in II durchgeführt und das Ergebnis auch durch die Pfotzersche Rechnung (die eine Neuableitung für den speziellen Fall einer konstanten Primärintensität darstellt) bestätigt ist.

Stellen I, N, S den Verlauf von Gesamt-, Primär- und Sekundärstrahlung dar, a der konstante Energieverlust infolge Primärionisation, b und σ_0 Konstante, die mit dem Energieverlust durch Bildung von Sekundärstrahlung zusammenhängen (vgl. I), r die Reichweite der Sekundärstrahlen, x die Schichtdicke, so gilt nach I zur Berechnung der Primärstrahlung die Beziehung

$$\frac{d^2N}{dx^2} + b\frac{dN}{dx} + \frac{ab}{\sigma_0}\left[N(x) - N(x-r)\right] = \frac{d^2I}{dx^2} + b\frac{dI}{dx}. \qquad (1)$$

1) B. Groß, Phys. Zeitschr. **37**, 12, 1936.
2) B. Groß, Phys. Zeitschr. **37**, 409, 1936.
3) G. Pfotzer, Zeitschr. f. Phys. **102**, 23, 1936.

Für einen exponentiellen Verlauf der Absorptionskurve

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \tag{2}$$

ergibt sich hieraus als Integral

$$N = N_0 e^{-\alpha x} + (A + B e^{-\beta x}) \tag{3}$$

mit

$$N_0 = \frac{\alpha(\alpha - b)}{\alpha(\alpha - b) + \frac{ab}{\sigma_0}(e^{ax} - 1)} I_0 . \tag{4}$$

Der Klammerausdruck in Gleichung (3) stellt das allgemeine Integral der Gleichung (1) ohne zweites Glied dar, wobei β die von o verschiedene Lösung der charakteristischen Gleichung

$$\beta(\beta - b) + \frac{ab}{\sigma_0}(e^{\beta x} - 1) = 0 \tag{5}$$

ist. Die Konstanten A und B können durch physikalische Überlegungen bestimmt werden. Zunächst muß A gleich o sein, da ja N für $x \to \infty$ zu o werden muß. Auch B muß gleich o sein für den Fall $\beta < \alpha$. Wäre dies nämlich nicht der Fall, so könnte N für große Werte x negativ oder auch größer als I werden. Beides ist auszuschließen. Setzt man nun die von Pfotzer angegebenen Werte für die Konstanten in Gleichung (5) ein, so ergibt sich $\beta < \alpha$. (Es mag bemerkt werden, daß sich auch in der Pfotzerschen Rechnung, wie man sich leicht klarmacht, die Möglichkeit der Summierung eines Klammerausdruckes wie in Gleichung (3) ergibt, die obige Diskussion somit in jedem Fall notwendig ist.)

Somit wird schließlich

$$N = N_0 e^{-\alpha x}. \tag{6}$$

Für die Sekundärstrahlung folgt wegen

$$I = N + S \tag{7}$$

hiermit

$$S = S_0 e^{-\alpha x} \tag{8}$$

mit

$$S_0 = I_0 - N_0 = \frac{ab}{\sigma_0 \alpha(\alpha - b)}(e^{ax} - 1) N_0 . \tag{9}$$

Dies sind jedoch die Beziehungen, die Pfotzer erhalten hat. Sie ergeben sich hier als Integral der allgemeinen Gleichung (1) für den speziellen Fall, daß die Absorptionskurve sich durch eine Exponentialfunktion darstellen läßt.

Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Technologia do Ministerio do Trabalho.

(Eingegangen 14. Dezember 1936.)

BERICHTE.

Sekundärelektronenemission fester Körper.

Von R. Kollath.

Inhaltsverzeichnis:

I. Die Energieverteilung der Sekundärelektronen: Meßmethoden; allgemeine Form; verschiedene Parameter. — II. Die Winkelverteilung der Sekundärelektronen. — III. Die Ausbeute an Sekundärelektronen: Meßmethoden; Ausbeute als Funktion der Primärenergie; Gasbeladung; Struktur des Sekundärstrahlermaterials; Temperatur des Sekundärstrahlermaterials; Resultate der einwandfreien Ausbeutemessungen (reine Metalle, metallische Aufdampfschichten, zusammengesetzte Oberflächen); Einfallswinkel des Primärstrahles. — IV. Sekundärelektronenemission von Isolatoren. — V. Hohe Primärenergien. — VI. Zum Vorgang der Auslösung von Sekundärelektronen: Theoretische Ansätze; periodisches System; Austrittsarbeit; Anregung von Röntgenstrahlen; Eindringtiefe; Auslösezeit. — VII. Technische Bedeutung der Sekundärelektronen: Verstärkerröhren, Sekundärelektronenvervielfacher; Bildverstärkung. — VIII. Literaturverzeichnis.

Trifft ein Elektronenstrahl auf einen beliebigen festen Körper auf, so treten von der getroffenen Stelle selbst wieder Elektronen in die Umgebung aus. Diese Erscheinung der „Sekundärelektronenemission" (SE.) wurde um 1900 bekannt (5, 73, 74, 101, 102) und ist dann besonders in den Jahren 1908–1910 eingehender untersucht worden. Etwa zur Zeit des Weltkrieges begann die Technik sich beim Bau von Verstärkerröhren mit dieser Erscheinung näher zu befassen, wobei neben der Vermeidung störender SE. zum erstenmal auch eine technische Ausnutzung des Effektes erreicht wurde. Um 1920 trat dann in Patentschriften der Gedanke auf, die SE. zur Verstärkung von Elektronenströmen zu verwenden; eine praktische Ausnutzung dieses Gedankens mußte jedoch zunächst unterbleiben, denn die damals bekannten Materialien hätten ihrer geringen SE. wegen nur schwache Verstärkungsgrade gestattet. Erst als in neuerer Zeit Schichten entdeckt wurden, bei denen die weggehende Menge von Sekundärelektronen ein Vielfaches der auftreffenden Primärmenge beträgt, konnte der schon 10 Jahre zurückliegende Gedanke eines „Sekundärelektronenverstärkers" mit Aussicht auf Erfolg wieder aufgegriffen werden. Heutzutage werden an verschiedenen Stellen bereits Photozellen mit Sekundärelektronenverstärkung gebaut, die gegenüber der gewöhnlichen Vakuumzelle einen um den Faktor 10^6 bis 10^7 verstärkten Strom

liefern. Diese starke technische Entwicklung ging naturgemäß Hand in Hand mit vielen rein wissenschaftlichen Untersuchungen, die über ihre speziellen Aussagen auf dem Gebiet der SE. hinaus auch allgemein zur Kenntnis der Elektronenemissionsvorgänge einen wesentlichen Beitrag lieferten. In dem vorliegenden Bericht soll unsere augenblickliche Kenntnis von der SE. fester Körper zusammenfassend dargestellt und zum Schluß ein kurzer Überblick über heute schon vorliegende technische Anwendungen gegeben werden.

Bevor wir uns mit der Erscheinung der SE. im einzelnen befassen, möge noch eine kurze Vorbemerkung zum Begriff „Sekundärelektron" (S.) gestattet sein: Wenn eine von primären Elektronen getroffene Fläche wieder Elektronen aussendet, so läßt sich nicht feststellen, ob ein Teil der aus dieser Fläche heraustretenden Elektronen ursprünglich dem auftreffenden Strahl angehört hat oder ob alle ursprünglich dem Metallverband als Leitungs- oder Atomelektronen angehört haben. Aus diesem Grunde könnte man es von vornherein ablehnen, wie es auch in manchen Fällen geschehen ist, zwischen den herauskommenden Elektronen irgendwelche Unterscheidungen zu treffen und könnte mit dem Namen „S." alle aus dem Metall heraustretenden Elektronen bezeichnen. Das würde aber, wie wir im folgenden sehen werden, nicht dem hierüber vorliegenden experimentellen Material gerecht werden; die aus dem Metall heraustretenden Elektronen lassen sich nämlich nach ihrer Austrittsenergie in drei Gruppen unterteilen. Zwei von diesen Energiegruppen muß man ihren Eigenschaften nach als gestreute Primärelektronen bezeichnen; nur die zur dritten Gruppe gehörenden Elektronen scheinen im Metall durch den Aufprall der Primärelektronen neu zu entstehen und verdienen damit die Bezeichnung „S.".

Wenn wir die Erscheinung der SE. quantitativ beschreiben wollen, werden wir zunächst nach der Gesamtzahl der Elektronen fragen, die beim Aufprall von Primärelektronen an einer Oberfläche ausgelöst werden (Ausbeute); wir müssen ferner wissen, wie sich diese Gesamtzahl auf die verschiedenen Austrittsrichtungen verteilt (Winkelverteilung) und müssen schließlich auch die Energien der Sekundärelektronen kennenlernen (Energieverteilung). Im vorliegenden Bericht wurde die umgekehrte Reihenfolge gewählt: Eine klare Definition des Begriffes „S.", die für die Weiterbehandlung wichtig ist, läßt sich nämlich erst nach Kenntnis der Energieverteilungen geben. Die Winkelverteilung wurde dagegen nur aus rein äußerlichen Gründen der Betrachtung der Ausbeute vorangestellt.

I. Die Energieverteilung der Sekundärelektronen.

1. Meßmethoden.

Zur Bestimmung der Energieverteilung bedient man sich hauptsächlich zweier Methoden:

a) der Methode des transversalen Magnetfeldes,
b) der Methode des elektrischen Verzögerungsfeldes.

Zu a) In Fig. 1a treffe ein primärer Elektronenstrahl auf die Fläche F auf. Aus den von F nach allen Richtungen weggehenden Elektronen wird durch die Blende B_1 ein Elektronenstrahl

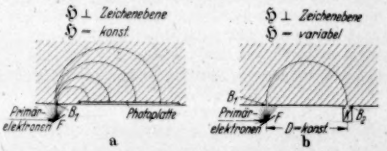


Fig. 1. Analyse der Energieverteilung von Sekundärelektronen im transversalen Magnetfeld.
a) Konstantes Magnetfeld und photographische Platte,
b) Variables Magnetfeld und fester Auffangkäfig.

ausgeblendet, der in das konstante homogene Magnetfeld $\mathfrak{H}$ eintritt. In diesem Magnetfeld durchlaufen alle Elektronen des Strahls Halbkreise, aber je nach ihrer Geschwindigkeit Halbkreise von verschieden großem Durchmesser nach der bekannten Beziehung

$$\mathfrak{H} \cdot \frac{e}{m} \cdot r = v.$$

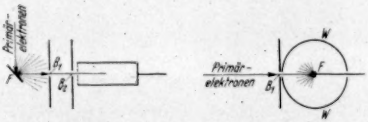
Auf einer am Ende der Halbkreisbahn aufgestellten Photoplatte erhält man aus der Schwärzung in Abhängigkeit von dem Durchmesser der zugehörigen Kreisbahn die Zahl der von jeder Geschwindigkeit vorhandenen Elektronen[1]), d. h. ihre Geschwindigkeitsverteilung[2]).

Für die hier vorzugsweise betrachteten sehr kleinen Elektronenenergien ist allerdings die Photoplatte als Nachweismittel zu unempfindlich (120), so daß die Methode meist in einer abgeänderten Form verwendet wird (Fig. 1b): Ein Faradaykäfig K wird in festem Abstand D von der Eintrittsstelle der Elektronen in das Magnetfeld aufgestellt, es werden also nur Elektronen aufgefangen, die auf der durch die Blenden

1) Wobei der Zusammenhang zwischen Schwärzung und Elektronenmenge für quantitative Auswertung in Rechnung zu setzen ist.

2) Von dieser Geschwindigkeitsverteilung kann man leicht zur Energieverteilung übergehen, indem man die Abszissen mit v multipliziert und die zugehörigen Ordinaten durch v dividiert (66).

B_1, B_2 vorgeschriebenen Kreisbahn laufen. Der Elektronenstrom zum Käfig K ist dann ein Maß für die Anzahl von Elektronen, welche gerade die durch Kreisbahndurchmesser und Magnetfeldstärke definierte Geschwindigkeit besitzen. Um nacheinander Elektronen mit verschiedenen Energien in den Käfig hineinzulenken, wird die Stärke des Magnetfeldes $\mathfrak{H}$ variiert. Der Strom I zum Käfig K als Funktion von $\mathfrak{H}$ liefert die gesuchte Energieverteilung bei Auftragung von $I/\mathfrak{H}^2$ als Funktion von $\mathfrak{H}^2$ (66). Eine so gewonnene Energieverteilungskurve gilt ihrer Entstehung nach nur für diejenigen Elektronen, die in Fig. 1 die Fläche F in Richtung auf Blende B_1 hin verlassen haben. Will man die Energieverteilung



a b

Fig. 2. Analyse der Energieverteilung von Sekundärelektronen im elektrischen Verzögerungsfeld.
a) Erfassung einer bestimmten Richtung.
b) Summarische Erfassung aller Richtungen.

der Gesamtheit aller Elektronen nach dieser Methode bestimmen, so muß die Messung für verschiedene Lage des Strahles $F \rightarrow B_1$ zur Oberfläche von F wiederholt und über alle Energieverteilungen summiert werden.

Zu *b*) Die Bestimmung der Energieverteilung von Sekundärelektronen nach der Methode des elektrischen Verzögerungsfeldes spielt eine wesentlich wichtigere Rolle als die eben beschriebene magnetische Methode, weil dabei je nach Ausführungsart entweder die Energieverteilung der in einer bestimmten Richtung weggehenden Elektronen oder aber die Energieverteilung aller Sekundärelektronen bestimmt werden kann. In Fig. 2a ist eine Anordnung zur Untersuchung nur einer Richtung, in Fig. 2b der praktisch wichtigere Fall der gleichzeitigen Untersuchung aller Richtungen dargestellt, der hier etwas ausführlicher besprochen werden soll. Der primäre Elektronenstrahl tritt durch die Blende B_1 in den Meßraum ein, in dessen Mitte er auf die sekundärstrahlende Fläche F trifft. F bildet den Mittelpunkt einer Kugel W und soll in seiner Ausdehnung gegenüber W so klein gehalten sein, daß die Bedingungen eines Zentralfeldes praktisch erfüllt sind. Wir geben jetzt W nacheinander verschiedene positive oder negative Potentiale gegenüber F, wobei F ebenso wie die Blende B_1 auf konstantem Potential gehalten wird, und messen die Zahl der nach W gelangenden Elektronen[1]). Bei positivem Potential an W werden die von F weggehenden Elektronen in voller Zahl durch den von W abfließenden Strom gemessen. Dasselbe wird der Fall sein, bis W auf demselben Potential liegt wie F. Legen wir jetzt aber eine negative Spannung V an W, so werden nur noch diejenigen von F kommenden Elektronen gegen das Feld zwischen W und F anlaufen können, deren Energie größer ist als V. Bei genügend großem negativem Potential an W werden keine an F ausgelösten Elektronen mehr wegen der hohen Gegenspannung nach W gelangen können, der Strom nach W wird $= 0$. Die Auftragung des Stromes I als Funktion der Spannung V zwischen W und F liefert die sogenannte „Gegenspannungs-" oder „Anlaufkurve". Die von uns gesuchte Energieverteilungskurve ergibt sich hieraus bekanntlich durch Differentiation, also durch Auftragung von dI/dV als Funktion von V.

2. Die allgemeine Form der Energieverteilung.

Die allgemeine Form der Energieverteilung von Sekundärelektronen werde am Beispiel einer nach der magnetischen Methode gewonnenen Energieverteilungskurve nach Rudberg (94) erläutert (Energie der Primärelektronen 155 V). In Fig. 3 ist Abszisse die Energie der an einer Goldfläche ausgelösten Elektronen in Volt, Ordinate ist die relative Anzahl von Elektronen, deren Energie in dem zugehörigen Energiebereich dE liegt; z. B. ist die Fläche zwischen der Kurve, der Abszissenachse und den beiden

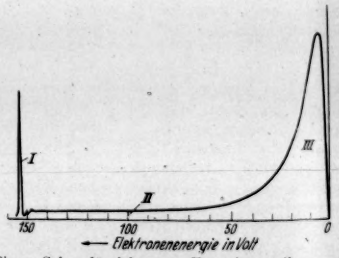


Fig. 3. Sekundärelektronen-Energieverteilung nach Rudberg (93). (Gold, 155 V primär.)

in den Abszissen 10 und 20 V zu errichtenden Ordinaten ein Maß für die Anzahl von Elektronen, deren Energie in dem Bereich zwischen 10 und 20 V liegt. Der Verlauf der Energieverteilungskurve von links nach rechts zeigt:

[1]) Die Primärelektronen treffen dann immer mit der gleichen Energie auf F auf, wenn sie unterwegs beim Durchtritt durch die Öffnung von W auch Energieänderungen erfahren haben.

Ein Teil der ausgelösten Elektronen hat volle Primärenergie (spitzes Maximum bei 155 V). Zwischen 150 und 60 V sind Elektronen in gleicher Häufigkeit vorhanden; unterhalb 60 V steigt mit kleiner werdender Energie die Zahl der zugehörigen Elektronen stark an, sehr häufig sind Elektronen von einigen Volt Energie (etwa 2–10 V), Elektronen mit sehr kleiner Energie (Größenordnung einige Zehntel Volt) sind dagegen wieder verhältnismäßig selten.

a) Die mit voller Primärenergie austretenden Elektronen werden im allgemeinen als elastisch reflektiert bezeichnet (Fläche I in Fig. 3). Sie sind das Ergebnis irgendeines Streuprozesses, bei dem keine Energie an das Atom abgegeben wird.

b) Die mit Energien zwischen der Primärenergie und der Energie 60 V in fast gleicher Menge austretenden Elektronen kann man als „rückdiffundierte" Elektronen bezeichnen und sie dadurch mit solchen Primärelektronen identifizieren, die an vielen Metallatomen gestreut sind und dabei Energieverluste erlitten haben [Fläche II in Fig. 3 (75)].

c) Für die große Mehrzahl der mit relativ kleinen Energien austretenden Elektronen (Maximum bei einigen Volt) muß man ihren Eigenschaften nach dagegen wohl einen merklich anderen Entstehungsprozeß annehmen; nur auf diese in Fig. 3 in ihrer relativen Zahl durch die Fläche III gemessenen S. beziehen sich, streng genommen, die folgenden Ausführungen. Eine scharfe Grenze läßt sich allerdings zwischen rückdiffundierten Elektronen (II) und S. (III) nicht ziehen, wie auch aus Fig. 3 zu ersehen ist; diese Frage hat aber praktisch keine große Bedeutung, weil die S. in dem uns hauptsächlich interessierenden Bereich der Primärenergien (etwa 10–2000 V) den weitaus größten Teil der insgesamt von der Fläche weggehenden Elektronen ausmachen.

3. Die Energieverteilung als Funktion verschiedener Parameter.

Nach der magnetischen und besonders auch nach der Gegenspannungsmethode liegen eine große Anzahl von zum Teil sehr eingehenden Untersuchungen über die Energieverteilung der S. vor (12, 13, 17, 19, 35, 38, 40, 51–54, 71, 93, 94, 98, 100, 123); sie ergaben die folgenden im großen und ganzen übereinstimmenden Resultate:

a) Unterhalb von etwa 10 V Primärenergie werden keine S. ausgelöst, alle von der getroffenen Fläche weggehenden Elektronen haben in diesem Fall volle Primärenergie, sind also elastisch gestreut.

b) Der prozentuale Anteil der S. an der Gesamtzahl der von einer primär beschossenen Fläche ausgehenden Elektronen steigt mit wachsender Primärenergie schnell an, durchläuft ein breites Maximum und fällt bei Primärenergien über 1000 V wieder langsam ab. Der relative Anteil der S. ist so groß, daß man innerhalb eines weiten Bereichs der Primärenergie, etwa zwischen 50 und 1000 V, alle von der getroffenen Fläche weggehenden Elektronen als Sekundärelektronen bezeichnen darf ohne einen merklichen Fehler zu begehen.

c) Die Energieverteilung der S. ist einer Maxwellschen Energieverteilung ähnlich; sie zeigt ein ausgeprägtes Maximum bei einer Energie von einigen Volt. Die Angaben über die Lage dieses Maximums variieren bei den verschiedenen Versuchsbedingungen, Meßmethoden, Materialien, Oberflächenbedingungen usw. zwischen 2 und 10 V. Über eine Abhängigkeit der S.-Energieverteilung vom sekundärstrahlenden Material liegen Andeutungen vor. So soll z. B. nach Sharman (98) die Abszissenlage der Maxima zwischen 14 V für Platin und 5 V für Graphit in der Reihenfolge der Atomnummern abnehmen, während Stehberger (103) für höhere Primärenergien (8000 V) keine Abhängigkeit der Maximumslage vom Material feststellen konnte. Erst durch weitere systematische Untersuchungsreihen wird sich entscheiden lassen, ob die abweichenden Angaben verschiedener Autoren über die Lage des Maximums der S.-Energieverteilung durch Benutzung verschiedener Meßanordnungen bedingt oder ob sie prinzipieller Natur sind und welche Faktoren im letzteren Fall die Maximumslage hauptsächlich beeinflussen.

d) Die Energieverteilung der S. ist sowohl in ihrer allgemeinen Form als auch in der Abszissenlage des Maximums in weiten Grenzen (20–1000 V Primärenergie) unabhängig von der Energie der Primärelektronen. Diese wichtige Eigenschaft der S. sei hier durch Originalresultate der sorgfältigen Messungen von Becker (12) belegt. In Fig. 4 sind Gegenspannungskurven für verschiedene Primärenergien wiedergegeben (die Energieverteilungen gehen also aus diesen Kurven durch Differentiation hervor!). Die benutzte Meßanordnung entspricht der Fig. 2b. Die bei verschiedenen Primärenergien aufgenommenen S.-Energieverteilungen fallen innerhalb der Versuchsfehler zusammen. Erst bei viel höheren Primärenergien machen sich Anzeichen für eine Bevorzugung größerer S.-Energien in den Verteilungskurven bemerkbar.

e) Die Energieverteilung der S. scheint vom Einfallswinkel der Primärelektronen (47, 71) und von der Austrittsrichtung der S. nicht merklich abzuhängen; diese Erscheinungen sind jedoch bisher nur in vereinzelten Fällen und nicht unter systematischer Variation der Einfalls- und Austrittswinkel untersucht worden.

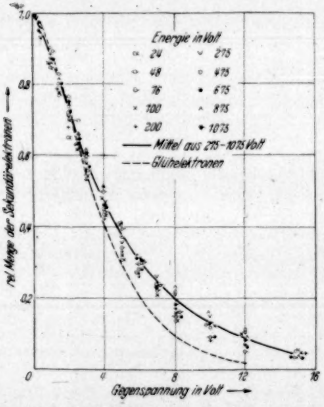


Fig. 4. Sekundärelektronen-Gegenspannungskurven bei verschiedener Energie der Primärelektronen an Ruß nach Becker (12).
(Die gestrichelte Kurve ist bei der Ordinate 0.7 willkürlich auf die ausgezogene Kurve gelegt!)

Während also im großen die Frage nach der Energieverteilung der S. als experimentell geklärt angesehen werden kann, bleibt in quantitativer Beziehung und in den Einzelheiten noch manche wichtige Frage übrig, was bei der großen Schwierigkeit, die mit der quantitativen Untersuchung langsamer Elektronen überhaupt verbunden ist, nicht verwundern kann.

II. Die Winkelverteilung der Sekundärelektronen.

Die Verteilung der S.-Gesamtzahl, die an einer Fläche F ausgelöst werden, auf die verschiedenen Austrittsrichtungen kann mit der in Fig. 5 schematisch dargestellten Anordnung

Fig. 5. Anordnung zur Messung der Winkelverteilung von Sekundärelektronen (schematisch). [Vgl. Seitz (97).]

untersucht werden; die Austrittsrichtung wird dabei durch den Winkel gegen das Lot auf der Fläche F, in Fig. 5 also durch den Winkel φ gemessen. Die Primärelektronen durchlaufen, von der Kathode K kommend, mehrere Blenden und treffen dann unter dem Einfallswinkel α auf den Sekundärstrahler F auf; die unter dem Winkel φ weggehenden S. werden im Faradaykäfig C aufgefangen, der um F drehbar ist. Der S.-Strom nach C als Funktion von φ stellt dann unmittelbar die gesuchte Winkelverteilung der S. dar (S.-Zahl/Raumwinkeleinheit!). Messungen dieser Art wurden durchgeführt von Seitz (97), Tate (108) und Daene und Schmerwitz (36); ferner wurden spezielle Austrittsrichtungen von Becker (12) und Farnsworth (41) untersucht.

Für die Winkelverteilung der S. gilt im wesentlichen das Kosinusgesetz, d. h. die Zahl der pro Raumwinkeleinheit ausgestrahlten S. ist am größten in der Richtung senkrecht zum Sekundärstrahler ($\varphi = 0$, $\cos\varphi = 1$) und fällt mit wachsendem Austrittswinkel entsprechend $\cos\varphi$ ab, unabhängig vom Einfallswinkel α des Primärstrahles; selektive Maxima irgendwelcher Art treten nicht auf. Abweichungen von dieser Kosinusverteilung geben Seitz und Tate an: Nach Seitz soll bei schiefem Einfallswinkel des Primärstrahls ($\alpha \neq 0°$) die maximale Menge nicht senkrecht zum Sekundärstrahler, sondern unter dem Winkel $\alpha/2$ weggehen, während nach Tate die optische Reflexion $-\alpha$ bevorzugt sein soll. Für Primärenergien von 2500 V ist dies sicher nicht der Fall, wie die ausführlichen Kurvenreihen von Daene und Schmerwitz zeigen; die Angaben von Farnsworth und von Becker bei kleineren Primärenergien, die sich auf bestimmte Austrittsrichtungen (15° bzw. 45°) beziehen, stehen ebenfalls mit dem Kosinusgesetz im Einklang. Bis zum Vorliegen genauerer systematischer Versuchsreihen auch bei kleinen Primärenergien wird man also mit dem Kosinusgesetz rechnen dürfen, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen.

III. Die Ausbeute an Sekundärelektronen.

1. Meßmethoden.

Die Ausbeute S/P, d. h. die Zahl der von einem Primärelektron ausgelösten Sekundärelektronen kann mit einer Meßanordnung bestimmt werden, die derjenigen in Fig. 2b ähnlich ist. In Fig. 6 liege W auf positivem Potential gegenüber dem Sekundärstrahler F. Dann mißt der von W abfließende Elektronenstrom (Galvanometer G_S) die Zahl der an F ausgelösten S., während der Elektronenstrom durch das Galvanometer G_P die Zahl der auf F auftreffenden Primärelektronen angibt. Der Quotient

beider Ströme ist der gesuchte Ausbeutefaktor S/P. Vorausgesetzt ist hierbei, daß alle durch die Blende B_2 eintretenden Primärelektronen auch auf die Fläche F auftreffen[1]). Die

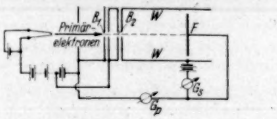


Fig. 6. Schematische Skizze einer Anordnung und Schaltung zur Messung der Sekundärelektronenausbeute.

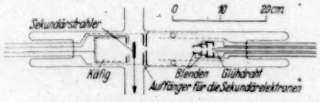


Fig. 6a. Anordnung zur Messung der Ausbeute nach Copeland (29).

S.-Ausbeute wurde in Abhängigkeit von vielen Parametern (Primärenergie, Austrittsrichtung, Auftreffwinkel, Material, Temperatur des Sekundärstrahlers usw.) eingehend untersucht. Eine tatsächlich zu solchen Untersuchungen benutzte Anordnung ist beispielsweise maßstabsgerecht in Fig. 6 wiedergegeben. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden zunächst an einigen Beispielen erläutert. Das gesamte bisher vorliegende Material ist dann wegen seiner technischen Wichtigkeit in Kurvenform niedergelegt.

2. Überblick über den Verlauf der Ausbeute als Funktion der Primärenergie.

Schon die ersten Ausbeutemessungen (8–10, 20, 50), die jetzt etwa 20 Jahre zurückliegen, zeigten die starke Abhängigkeit der Ausbeute von der Energie der Primärelektronen (Fig. 7). Die Ausbeute wächst bei kleinen Primärenergien schnell an[2]) und übersteigt bereits bei einer Primärenergie von etwa 40 V den Wert 1, d. h. bei Primärenergien über 50 V verlassen bereits mehr S. die getroffene Fläche als Primärelektronen aufgefallen sind. Bei weiterer Steigerung der Primärenergie kann ein Vielfaches der aufgetroffenen Elektronenmenge als S.-Menge ausgesandt werden (Maximum bei einigen hundert Volt und langsamer Abfall). Erst bei hohen Primärenergien (einige kV) fällt die Ausbeute wieder unter den Wert 1. Diese allgemeine Form der Ausbeutekurve ist auch bei späteren, mit verfeinerter Meßtechnik durchgeführten Untersuchungen immer wieder bestätigt worden, in quantitativer Hinsicht wurde das Material berichtigt und vervollständigt. Die maximal festgestellten Ausbeutewerte liegen für reine Metalle zwischen 1,2 und 5 S/P und für nur ganz wenige Stoffe unter 1. Die höchsten Ausbeutewerte von etwa 8–11 S/P wurden bisher an zusammengesetzten Cäsiumschichten festgestellt, deren Struktur analog einer Cäsiumphotoschicht aufgebaut ist. (Näheres vgl. in den folgenden Abschnitten.) Die niedrigsten Werte der maximalen Ausbeute wurden bisher an Kohlenstoff (Graphit) besonders in rußartiger Form gemessen (18, 79).

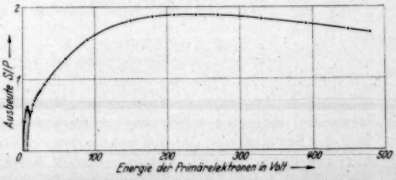


Fig. 7. Beispiel für den allgemeinen Verlauf der Ausbeute als Funktion der Energie der Primärelektronen [Aluminium nach Gehrts (50)].

3. Einfluß der Gasbeladung.

Auf Metalloberflächen bilden sich bekanntlich durch Adsorption gasförmige Oberflächenschichten, die einen erheblichen Einfluß auf die Größe der SE. haben[1]). In der Mehrzahl der Fälle wird die SE. durch eine solche Gashaut erhöht, in einzelnen Fällen wird aber auch über eine Erniedrigung berichtet[2]). Durch lange Erwärmung des Metalls im Hochvakuum läßt sich diese Gasschicht ganz oder wenigstens so

1) Andere Möglichkeiten zur Messung der Ausbeute ergeben sich durch Vergleich der von F abfließenden Elektronenströme bei positivem und genügend negativem Potential an W oder durch Messung der von F bzw. W abfließenden Ströme bei negativem bzw. positivem Potential an W. Schließlich kann auch bei genügend schneller Sättigung das Potential an W konstant gehalten und F gegen W positives und negatives Potential erteilt werden; im letzteren Fall ist aber zu beachten, daß die Energie, mit der die Primärelektronen auf F auftreffen, während des Versuches nicht völlig konstant ist.

2) Nach den Ausführungen auf S. 205 tritt SE. im anfangs definierten Sinn erst oberhalb etwa 10 V auf, die in Fig. 7 schraffierte Fläche ist also als elastische Streuung von Elektronen zu deuten und kann im folgenden außer Betracht gelassen werden.

1) Diese Feststellung wurde bereits von N. Campbell bei der Untersuchung der SE. von Platin (21) und später auch von Kupfer (22) gemacht, ohne daß es ihm gelang, einen reproduzierbaren Endzustand zu erreichen.

2) Eine solche Gasschicht kann beim Durchgang der Primärelektronen zusätzlich eine gewisse Menge von Sekundärelektronen bilden bzw. die aus dem Metall heraustretenden S. absorbieren, oder sie kann (z. B. durch Doppelschichtbildung) eine Änderung der Austrittsarbeit mit sich bringen.

weitgehend entfernen, daß schließlich ein reproduzierbarer „Endzustand" erreicht wird, der der SE. des reinen Metalls zuzuschreiben ist[1]). Ausgedehnte Meßreihen über den Gang der S/P-Werte mit zunehmender Entgasung liegen z. B. von Farnsworth (38) und von Warnecke (115) vor. Wir geben in Fig. 8 ein Beispiel für den Einfluß des Entgasungszustandes nach den Messungen von Ahearn (1).

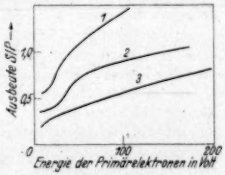


Fig. 8. Der Einfluß des Entgasungszustandes auf die Ausbeutekurve nach Ahearn (1).
1: Nach Ausheizung bei weniger als 900° K.
2: Nach einer Stunde Ausheizung bei 1300° K.
3: Nach einer Stunde weiterer Ausheizung bei 1700° K.
Weitere Wärmebehandlung ergab keine wesentlichen Änderungen mehr.

4. Einfluß der Struktur des Sekundärstrahlermaterials.

Schon die Versuche von Farnsworth (42, 43), über die im Abschnitt „Anregung von Röntgenstrahlen" berichtet wird, wiesen darauf hin, daß der Strukturzustand des Sekundärstrahlers auf die Größe der S.-Ausbeute einen merklichen Einfluß hat. Dieser Zusammenhang wurde in einer Reihe von weiteren Arbeiten in verschiedener Richtung bestätigt. Nach Hayakawa (55) zeigen die Ausbeutekurven von Eisen und Kobalt bei langsamer Erwärmung schroffe Änderungen bei den Temperaturen, die den allotropen Umwandlungspunkten entsprechen; bei der magnetischen Umwandlung von Eisen und Nickel und deren Legierungen dagegen ist keine Änderung des S/P-Wertes mit der Temperatur zu bemerken, wie der Natur dieser Umwandlungen nach zu erwarten ist. Hingewiesen sei ferner auf die Messungen von Tartakowsky und Kudrjawzewa (107), die sprunghafte Änderungen der S.-Ausbeute bei Eisen im Curiepunkt ergaben. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten von Rao (86) und von Farnsworth (38), in denen die S.-Ausbeute als Funktion der Größe der Kristallite des Reflektors untersucht wurde. Nach Rao (Fig. 9) ist die S.-Ausbeute bei Beschießung der (100)-Fläche eines *Ni*-Einkristalls für einige hundert Volt Primärenergie erheblich kleiner als bei Beschießung einer gewöhnlichen vielkristallinen Nickelfläche. Farnsworth (Fig. 10) dampft auf einen *Cu*-Einkristall eine mehrere Atomlagen dicke Schicht aus gleichem Material in kaltem Zustande auf und findet für diese sehr fein-

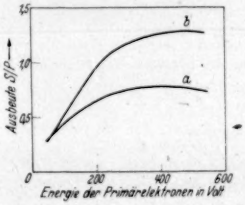


Fig. 9. Einfluß der Kristallstruktur auf die Ausbeutekurve nach Rao (86).
a) Nickel-Einkristallfläche (100).
b) Nickel-Vielkristallfläche.

kristalline Aufdampfschicht eine viel kleinere S.-Ausbeute (Kurve 2) als für die vorher untersuchte Einkristallfläche (Kurve 1). Erhitzt er nun den Einkristall mit der Aufdampfschicht kurze Zeit auf Rotglut (Kurve 3 und 4), so nähert sich die Ausbeute bezüglich Kurvencharakter und Absoluthöhe wieder ihren ursprünglichen Werten

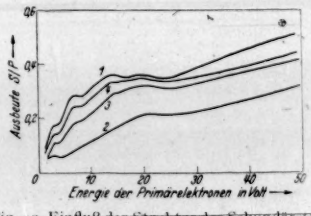


Fig. 10. Einfluß der Struktur des Sekundärstrahlermaterials auf die Ausbeutekurve nach Farnsworth (37).
1: Kupfer-Einkristall.
2: Kupferschicht auf kalten Einkristall aufgedampft.
3: Nach einer Minute Erhitzung auf Rotglut.
4: Nach 10 Minuten Erhitzung auf Rotglut.

offenbar deshalb, weil die Aufdampfschicht infolge der Wärmebehandlung sich in ihrer Struktur derjenigen des Einkristalls angleicht. Ebenfalls hierher gehört sicher auch die Tatsache, daß alle Metalle in fein verteilter, nicht kristalliner Form (z. B. Platinmoor, die eben genannten Aufdampfschichten oder Kohlenstoff als Ruß) eine besonders kleine S.-Ausbeute besitzen. Danach müssen wir entweder annehmen, daß zwischen

[1]) Die Erreichung eines solchen „Endzustandes" wurde in neuerer Zeit von allen Autoren festgestellt [vgl. z. B. (27), (38), (115)] mit Ausnahme von Roß (92).

verschiedenen Einkristallflächen erhebliche Unterschiede bezüglich der S.-Ausbeute bestehen oder aber, daß es eine optimale Kristallitgröße für die Auslösung von S. gibt.

5. Einfluß der Temperatur des Sekundärstrahlermaterials.

Die S.-Ausbeute ist innerhalb der Versuchsfehler von der Temperatur des Sekundärstrahlers völlig unabhängig, wie alle bisherigen Messungen, die sich auf Kupfer, Platin, Wolfram und Molybdän bei Temperaturen zwischen Zimmertemperatur und etwa 1400° C für Primärenergien zwischen 0 und 2000 V erstrecken, übereinstimmend ergeben haben[1]). Der Wichtigkeit dieser Erscheinung wegen, durch welche sich die SE. von anderen Emissionsarten (Glühemission, lichtelektrische Emission) merklich unterscheidet, sind in Tabelle I die hierher gehörenden Arbeiten zusammengestellt, um einen Überblick über den untersuchten Temperatur- und Primärenergienbereich und über die bisher untersuchten Materialien zu geben. Da es sich offenbar um eine außerordentlich charakteristische Eigenschaft der SE. handelt, ist eine Sicherstellung dieses Befundes durch Ausdehnung der Untersuchungen auf andere Materialien notwendig, speziell wäre die Frage wichtig, ob die Angaben von Farnsworth (38) über eine leichte Erhöhung der SE. mit der Temperatur bei *Al* und *Mg* sich als reell herausstellen und ob die heutzutage technisch verwendeten Schichten ebenfalls keine Temperaturabhängigkeit der SE. innerhalb des Bereichs zeigen, in welchem die Schichten stabil sind.

Tabelle I.

Autor	Primärenergie in V	Material des S.-Strahlers	Temperatur des S.-Strahlers	Resultat
A. J. Ahearn (1) ...	7—500	Wolfram	300 u. 1300° K	Bei genügender Entgasung gute Übereinstimmung zwischen S/P-Werten bei 300 und 1300° K
L. E. McAllister (3)	300	Kupfer	300—750° K	Gesamtabweichungen innerhalb 4%, kein Gang mit der Temperatur
J. M. Hyatt u. H. A. Smith (59) .	0—2000	Molybdän	300 u. 1600° K	Innerhalb der Versuchsfehler keine Änderung der Ausbeute mit der Temperatur
H. E. Krefft (69, 70)	0—700	Wolfram	300—1700° K	Kein merklicher Einfluß der Temperatur
K. Sixtus (99)	0—1100	thoriertes Wolfram	300 u. 1000° K	Bei 1000° K und nach Abkühlung gleicher S/P-Wert
C. Tingwaldt (110)	0—500	Platin	Keine zahlenmäßige Angabe	Keine Abhängigkeit von der Temperatur

6. Resultate der einwandfreien Ausbeutemessung für

a) Reine Metalle.

Über die Sekundärstrahlung reiner Metalle liegt heute bereits ein reichhaltiges Material vor. Dieses konnte nur in sehr sorgfältigen und mühevollen Untersuchungen gewonnen werden, da es sich bei der SE. um eine Eigenschaft der obersten Schichten des bestrahlten Körpers handelt und deshalb die Beschaffenheit der Oberfläche eine bedeutende Rolle spielt (vgl. den Abschnitt 3). In den Fig. 11a und 11b sind für einige Materialien sämtliche unter einwandfreien Bedingungen[2]) erhaltenen Ausbeutemessungen für weitgehenden Entgasungszustand („Endzustand") zusammengestellt: Die S/P-Werte verschiedener Beobachter stimmen überraschend gut überein, wenn man die Schwierigkeiten in Betracht zieht, die sich der Erreichung eines reproduzierbaren Endzustandes entgegenstellen. Ein mittlerer Kurvenverlauf läßt sich in den meisten Fällen zwangslos festlegen. Hingewiesen sei auf die besonders gute Übereinstimmung der in neuerer Zeit ausgeführten Messungen von

1) Als einziger Autor glaubte J. G. Barber (7) einen Gang der S.-Ausbeute mit der Temperatur gefunden zu haben. Doch wurden seine Ergebnisse durch L. E. McAllister (3) berichtigt, der mit gleicher Apparatur Barbers Messungen wiederholte und keine Andeutung einer Temperaturabhängigkeit fand.

2) In Dreielektrodenröhren läßt sich die Ausbeute nur qualitativ angeben, weil der Anteil des Primärstroms, der, ohne den Sekundärstrahler zu treffen, direkt zur Anode geht, nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann; die mit solchen Anordnungen gewonnenen Resultate sind daher in den Fig. 11 und 12 unberücksichtigt geblieben.

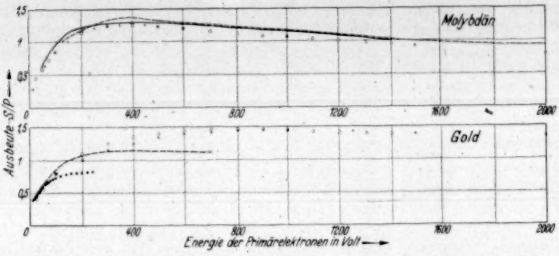


Fig. 11. Zusammenstellung sämtlicher Ausbeutemessungen an Molybdän und Gold.

a) Molybdän:
Copeland (——),
Copeland (×××),
Petry (– – –),
Warnecke (○○○).

b) Gold:
Copeland (×××),
Farnsworth (●●●●),
Petry (——),
Warnecke (○○○).

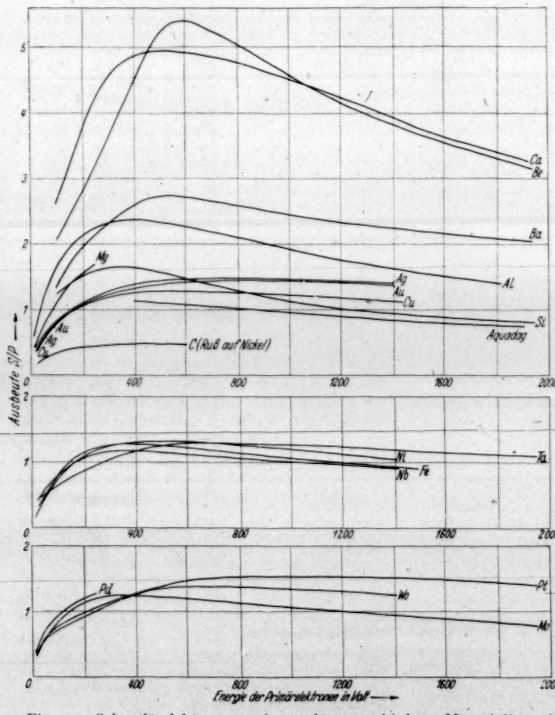


Fig. 12. Sekundärelektronenausbeute für verschiedene Materialien als Funktion der Energie der Primärelektronen.

Copeland (27, 29, 30, 33, 34) und von Warnecke (115, 116), ferner auf die systematische Abweichung der Kurven von Farnsworth (37 bis 39) nach kleineren S/P-Werten beim Übergang zu größeren Primärenergien, die vielleicht durch das Meßverfahren bedingt sind. In der Fig. 12 ist dann das gesamte bisher vorliegende Kurvenmaterial zusammengestellt, wobei für jedes untersuchte Metall nur eine, evtl. aus verschiedenen Beobachtungen gemittelte Kurve angegeben ist. Diese Zusammenstellung dürfte dem derzeitigen Stand der Kenntnis am besten entsprechen. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß diese Kurven als „Endzustands-Kurven" einer weitgehenden Entgasung der Oberfläche durch Wärmebehandlung entsprechen. Zur Vervollständigung sind schließlich einige Kurven für rußartige Materialien beigegeben.

b) Metallische Aufdampfschichten.

Den Übergang von den eben besprochenen möglichst reinen Metallschichten zu den heutzutage technisch verwendeten komplexen Schichten bilden diejenigen Schichten, bei denen auf ein Grundmetall ein anderes Material aufgedampft oder anderweitig aufgebracht wird. Den ersten Schritt in dieser Richtung tat Copeland (26, 29, 34) mit der Untersuchung von metallischen Aufdampfschichten verschiedener Dicke. Fig. 13 zeigt als Beispiel eine Ausbeutekurve, wie sie bei der Aufdampfung von Calciumschichten verschiedener

Dicke auf einer Goldunterlage erhalten wurde; Kurve 1 entspricht dabei reinem Gold, die Kurven 2, 3, 4 und 5 entsprechen Calciumaufdampfschichten wachsender Dicke. Sowohl bezüglich der allgemeinen Kurvenhöhe als auch der Lage des Maximums findet eine monotone Entwicklung mit wachsender Dicke der aufgedampften Schicht statt, wie man auch zunächst erwarten würde. Dagegen erhielt Copeland bei der Untersuchung von Platinaufdampfschichten auf Aluminiumunterlage und von Ölschichten, die auf Goldunterlage kondensiert wurden, merklich andere Ergebnisse. In Fig. 14 entspricht Kurve 1 reinem Aluminium, die Kurven 2–5 entsprechen Platinaufdampfschichten wachsender Dicke, wobei Kurve 5 unterhalb 1500 V bereits der Ausbeutekurve des reinen Platins sehr ähnlich ist (entsprechendes gilt von Fig. 15: Kurve 1 entspricht reinem Gold, Kurve 5 dicker Ölschicht). Der Übergang von der Aluminium- in die Platinkurve ist nicht monoton wie in Fig. 13 der Übergang vom Gold zum Calcium, sondern bei dünnen Aufdampfschichten ist die S.-Ausbeute in einem weiten Bereich kleiner als die Ausbeute für jedes der Metalle allein. Der umgekehrte Fall tritt bei der Öl- auf Goldkurve ein: Oberhalb etwa 1000 V liegen die Zwischenkurven höher als die Kurven für Öl oder Gold allein. Bemerkenswert ist an Fig. 15 ferner das Auftreten zweier Maxima (Kurve 3 und 4). Die im Vorangehenden beschriebenen Erscheinungen an

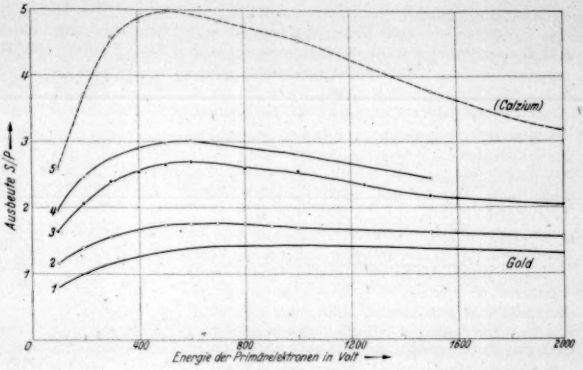


Fig. 13. Änderung der Ausbeutekurve beim Aufdampfen von Calcium auf eine Goldunterlage nach Copeland (33).

1: Reine Goldschicht.
2–4: Calciumschicht wachsender Dicke auf Gold.
5: sehr dicke Calciumschicht auf Gold.

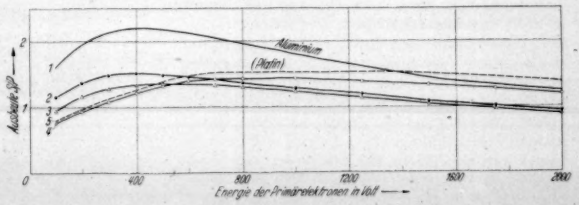


Fig. 14. Änderung der Ausbeutekurve beim Aufdampfen von Platin auf eine Aluminiumunterlage nach Copeland (33).

1: Reine Aluminiumschicht.
2–4: Platinschicht wachsender Dicke auf Aluminium,
5: Sehr dicke Platinschicht auf Aluminium.

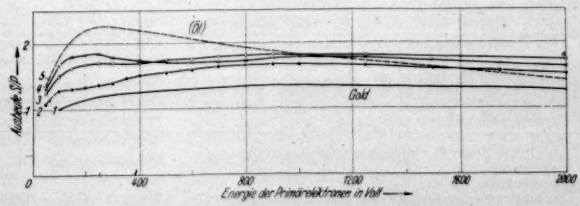


Fig. 15. Änderung der Ausbeutekurve beim Aufdampfen von Maschinenöl auf eine Goldunterlage nach Copeland (33).

1: Reine Goldschicht.
2–4: Ölschicht wachsender Dicke auf Gold.
5: Sehr dicke Ölschicht auf Gold.

Aufdampfschichten hängen wahrscheinlich mit der Eindringtiefe der Primärelektronen und mit der verschieden starken Absorption der S. in den verschiedenen Materialien zusammen.

c) Zusammengesetzte Oberflächen.

Bei der Untersuchung weiterer Metallaufdampfschichten auf Metallunterlage fand Copeland (34), daß es außer Beryllium (vgl. Fig. 12) noch mehr Metalle mit relativ hoher S.-Ausbeute gibt: Aufdampfschichten von z. B. Calcium auf Gold, Lithium auf Tantal zeigen im Maximum S/P-Werte von 4–5 (vgl. Fig. 13). Die Aufdampfmetalle Calcium und Lithium sind Vertreter der Erdalkali- bzw. Alkaligruppe, die eine kleine Austrittsarbeit und hohe glühelektrische bzw. lichtelektrische Elektronenemissionsfähigkeit besitzen (z. B. Oxydkathoden und Alkaliphotozellen). Diese Analogien führten wohl schließlich zur Untersuchung von zusammengesetzten Schichten mit Erdalkali- und Alkalimetallen, z. B. den *Ag*-Oxyd-*Cs*-Schichten, die durch Aufbringen von *Cs* auf eine oxydierte *Ag*-Unterlage entstehen und sich durch besonders kleine Austrittsarbeit auszeichnen. Die letztgenannten Schichten erwiesen sich tatsächlich als besonders gute Sekundärstrahler, wobei aber bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen sei, daß die kleine Austrittsarbeit für die Größe der SE. nicht der allein maßgebende Faktor sein kann und daß große Lichtempfindlichkeit und starke SE. durchaus nicht immer parallel gehen müssen (121). Das an sich geringe bisher veröffentlichte Material (121, 129, 130) über diese zusammengesetzten Alkalischichten zeigt Fig. 16[1]). Der allgemeine Kurvenverlauf ist ähnlich wie bei den reinen Metallen, d. h. auch bei diesen Schichten liegt das Maximum der SE. bei 400–600 V[2]), dagegen ergeben sich wesentlich größere Maximalwerte der SE., nämlich $(S/P)_{max}$ von 8–11. Der Anstieg zum Maximum ist dementsprechend steiler, so daß schon mit einem 10–20 V-Strahl, der auf eine solche Fläche fällt, mehr S. ausgelöst werden als Primärelektronen auffallen.

1) Eine neuere Arbeit von Timofeew und Pjatnitzki (109), in der die Eigenschaften der Metall-Oxyd-*Cs*-Schichten in Abhängigkeit vom Unterlagemetall und von der Dicke der Oxydschicht ausführlich untersucht werden, ist mir erst nach Abschluß dieses Berichts zugänglich geworden und konnte deshalb nicht mehr berücksichtigt werden (Anmerkung bei der Korrektur).

2) H. Jams und B. Salzberg (60) geben für eine solche Cäsiumschicht $(S/P)_{max} = 6$ bei einer Primärenergie von etwa 1100 V an; doch ist dieser Wert an einer Dreielektrodenröhre gemessen und wegen der damit verbundenen Unsicherheit in quantitativer Beziehung (vgl. S. 209, Anm. 2) hier unberücksichtigt geblieben.

Für die Herstellung dieser Schichten ist zu beachten, daß ihre SE.-Fähigkeit merklich vom Trägermetall abhängt. So erhielt Weiß (121)

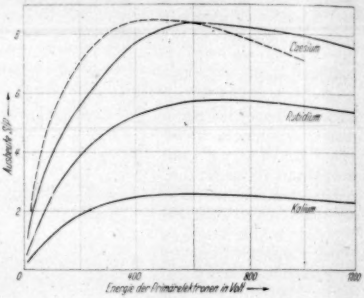


Fig. 16. Ausbeutekurven von Alkaliphotoschichten nach Weiß (121); gestrichelte *Cs*-Kurve nach Zworykin, Morton und Malter (130).

Höchstausbeuten für Metall-Oxyd-Cäsiumschichten auf verschiedenen Trägermetallen (Tabelle II):

Tabelle II.

Höchstausbeuten von *Cs*-Schichten auf verschiedenen oxydierten Metallunterlagen (Mittelwerte für 3–4 gleichgebaute Zellen).

Trägermetall	$(S/P)_{max}$	Abszisse des Maximums in Volt
Mg	6,8 – 7,5	700
Al	4,4 – 4,7	600
Fe	2,7 – 2,9	500
Ni	4,6 – 5,2	550
Cu	3,5 – 4,0	600
Zn	4,5 – 5,4	600
Mo	2,5 – 3,1	500
Ag	8 – 11	600
Ta	4,1 – 5,5	600
W	3,8 – 3,9	600
Au	2,3	600
Pb	2,3 – 3,3	650

Entscheidet man sich nach diesen Ergebnissen für Silber als Trägermetall[1]), so ist auch die Art der Oxydierung zu beachten, wenigstens bei Herstellung besonders gut emittierender Schichten, wie dies Fig. 17 zeigt, die ebenfalls der vorhergenannten Arbeit von Weiß entnommen ist. Schließlich sei darauf hingewiesen, daß die S.-Ausbeute auch noch in erheblichem Maße von der restlichen Schichtdicke des Cäsiums abhängt, das bei dem bekannten Abdampfvorgang auf der

1) Zworykin und Mitarbeiter (130) entscheiden sich nach Untersuchung vieler Metalle für Silber als Trägermetall, ohne darüber zahlenmäßige Angaben zu machen.

Oberfläche der Schicht verbleibt. Die Dicke dieser Cäsiumschicht ist quantitativ wohl noch nicht bekannt – für höchste S.-Ausbeute ist sie jedenfalls äußerst dünn, größenordnungsmäßig monoatomar –, sie ist aber empirisch gegeben durch

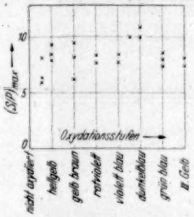


Fig. 17. Maximale Ausbeute von *Ag-Oxyd-Cs*-Schichten als Funktion der Oxydationsstufen des Trägermetalls nach Weiß (119).

die größte Temperatur, der die Schicht beim Abdampfvorgang ausgesetzt wird. Als Beispiel für diese Abhängigkeit möge die in Fig. 18 wiedergegebene Kurve von Weiß dienen.

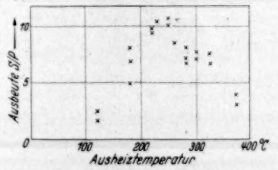


Fig. 18. Ausbeute einer *Ag*-Oxyd-*Cs*-Schicht als Funktion der Ausheiztemperatur nach Weiß (119).

Es mag an dieser Stelle noch kurz auf eine Arbeit von Malter (77) eingegangen werden, in der eine Reihe von zusammengesetzten Schichten des Typs Metall-Metalloxyd-Metall auf SE. untersucht und dabei ein eigentümliches Verhalten der *Al-Al-Oxyd-Cs*-Schicht gefunden wurde: Bei Beschießung einer solchen Schicht mit Primärelektronen gingen von ihr große Mengen von Elektronen aus, deren Zahl bis zu 1000mal größer war als die Zahl der primär auftreffenden Elektronen. Wie sich bald zeigte, konnte diese Erscheinung aber nicht als SE. im üblichen Sinne gedeutet werden, denn es fehlte einerseits die für alle SE.-Phänomene charakteristische Sättigung des S.-Stromes und andererseits zeigte die Erscheinung eine merkliche Trägheit (nach Ausschalten des Primärelektronenstroms erst allmählich absinkende „Sekundäremission"), die der eigentlichen SE. völlig fremd ist (vgl. den Abschnitt über die Auslösezeit, S. 221). Es handelt sich hierbei nach der von Malter gegebenen Erklärung um eine Feldemissionserscheinung, die etwa folgendermaßen zustande kommt (Fig. 19). Die auf die Schicht auftreffenden Primärelektronen lösen zunächst an der Oberflächenschicht mehr *S* aus als Primärelektronen auftreffen, wodurch sich diese Schicht wegen der darunterliegenden schlecht leitenden *Al*-Oxydschicht etwas positiv auflädt. Dadurch bildet sich in der sehr dünnen *Al*-Oxydschicht

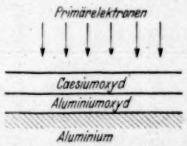


Fig. 19. Schicht nach Malter (77) (schematisch).

(Dicke etwa 2000 Å) eine große elektrische Feldstärke aus, die zu einer direkten Feldemission des *Al* führt. Die hierbei durch die *Al*-Oxydschicht hindurchschießenden Elektronen scheinen aber in ihrer großen Mehrzahl nicht zur Neutralisierung der *Cs*-Schicht zu dienen, sondern sie durchlaufen diese zu einem großen Teil ungehindert und treten frei in den Raum aus. Die ganze Erscheinung wird also von der S.-Erzeugung infolge des Auftreffens der ersten Primärelektronen nur in Gang gebracht. Sollte vorstehende Erklärung richtig sein, so steht diese Erscheinung in nahem Zusammenhang mit der von Güntherschulze und Mitarbeitern beobachteten Erscheinung der „Spritzentladung" (Zeitschr. f. Phys. 73, 580, 1932).

7. Einfluß des Einfallswinkels des Primärstrahls.

Der Einfallswinkel der Primärelektronen, d. h. der Winkel zwischen dem Primärstrahl und dem Lot auf der sekundärstrahlenden Fläche, wurde in den meisten Arbeiten zu 0° (senkrechter Einfall) gewählt, um möglichst einfache und reproduzierbare Verhältnisse zu erhalten – so beziehen sich z. B. alle *S*/*P*-Kurven in der Fig. 12 auf senkrechten Einfall –, in einigen Fällen sind aber auch andere Einfallswinkel untersucht worden. Die Ergebnisse sind, mit Ausnahme von drei neueren Arbeiten, deren Resultate hier ausführlicher besprochen werden sollen, in Tabelle III zusammengestellt und ergeben qualitativ das gleiche Bild[1]): Bei kleinen Primärenergien bis etwa 100 V ist die S.-Ausbeute für alle Einfallswinkel des Primärstrahls gleich groß; bei steigender Primärenergie nimmt die Ausbeute mit wachsendem Einfallswinkel zu, so daß bei Primärenergien von einigen kV schon

1) Mit Ausnahme der Arbeit von Tingwaldt (110), in der auch bei 500 V Primärenergie keine Abhängigkeit der S.-Ausbeute vom Einfallswinkel gefunden wurde.

Tabelle III.

Bis 1935 veröffentlichtes Material über die Abhängigkeit der Ausbeute vom Einfallswinkel des Primärstrahls.

Autor	Primärenergie in Volt	Reflektormaterial	Einfallswinkel des primären Elektronenstrahls								
			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
				15°			45°			75°	
Tate (108)	(~50)	*Pt*	1	—	—	—	—	—	1,01	—	—
Baltruschat-Starke (6).....	80	*Pt*	1	—	—	—	—	—	—	1,15	—
	850		1	—	—	—	—	—	—	2,4	—
	3500		1	—	—	—	—	—	—	1,9	—
	80	*Al*	1	—	—	—	—	—	—	1,05	—
	850		1	—	—	—	—	—	—	2,4	—
	3500		1	—	—	—	—	—	—	2,0	—
H.E. Farnsworth (38)	50	*Cu*	1	—	—	—	1,0	—	—	—	—
	250		1	—	—	—	1,18	—	—	—	—
C. Tingwaldt (110) ..	20	*Pt*	1	—	1,02	—	1,03	1,03	—	—	—
	100		1	—	1,0	—	1,01	—	1,04	1,06	
	500		1	0,995	—	—	0,995	—	—	1,02	
H.E. Farnsworth (40)	0–200	*Cu*	1	—	—	—	~1,15	—	—	—	—
Daene-Schmerwitz (36).....	~2500	*Pt*	1	1,07	1,3	1,55	2,05	2,7	3,85	5	—

recht beträchtliche Ausbeutevergrößerungen bei schrägem Einfall des Primärstrahls auftreten können[1]). Das ziemlich lückenhafte Material von Tabelle III ist im letzten Jahr durch einige systematische Untersuchungen weitgehend vervollständigt worden. Strübig (104) hat die S.-Ausbeute bei dem Einfallswinkel 0° und bei 45° an dem technisch wichtigen Aquadag zwischen 0,5 und 3,5 kV Primärenergie bestimmt und mit steigender Primärenergie eine immer stärkere Abweichung gefunden (Fig. 20). Ganz

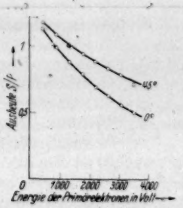


Fig. 20. Sekundäremission von Aquadag bei verschiedenen Einfallswinkeln des Primärstrahls nach Strübig (104).

entsprechende Messungen hat Bruining (18) zwischen 25 und 600 V Primärenergie an *Ni*-Flächen durchgeführt, die in Azetylen geglüht waren, wobei sich auf der einen, vorher auf Hochglanz polierten, ein glänzend schwarzer Belag von *Ni*-Karbid, auf der anderen, vorher angeätzten, ein mattschwarzer, rußartiger Kohlenstoffbelag bildet. Wie Fig. 21 zeigt, ist die Ausbeute bei kleinen Primärenergien unabhängig vom Einfallswinkel und nimmt bei höheren Primärenergien mit wachsendem Einfallswinkel stark zu. Bemerkenswert ist dabei, daß diese Zunahme bei der rußartigen Fläche (tiefliegende Kurven in Fig. 21) viel weniger

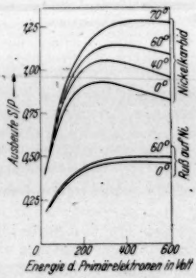


Fig. 21. Ausbeute bei verschiedenen Einfallswinkeln des Primärstrahls nach Bruining (18).

stark zum Ausdruck kommt, als für die Nickel-Karbidfläche; diese Tatsache steht im Einklang mit den Resultaten von Strübig an Aquadag, das eine ähnlich rauhe Oberfläche wie Ruß aufweist; auch bei rauhen Oberflächen scheint hiernach eine geringe Abhängigkeit vom Einfallswinkel zu bestehen, nur mit dem Unterschied, daß die Abweichungen in diesem Fall erst beierheblich höheren Primärenergien merkbar werden als bei relativ glatten Oberflächen. Schließlich hat

1) Zuerst beobachtet von L. Austin und H. Starke (4, 5).

Müller[1]) die S.-Ausbeute als Funktion des Einfallswinkels zwischen 700 und 4000 V für verschiedene Sekundärstrahlermaterialien systematisch untersucht (79), so daß wir jetzt in diesem Primärenergiebereich über ein umfangreiches quantitatives Material verfügen. Fig. 22 zeigt für eine Nickelfläche den bekannten Abfall der Ausbeute mit steigender Primärenergie (die verschiedenen Kurven gehören den rechts angeschriebenen Einfallswinkeln zu): Die Ordinatendifferenzen der bei verschiedenen Einfalls-

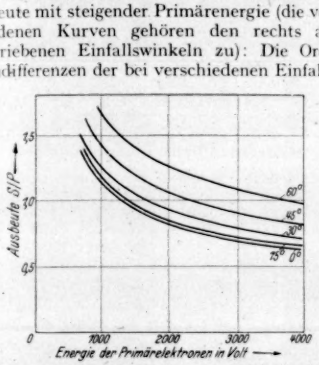


Fig. 22. Sekundäremission einer Nickelfläche bei verschiedenen Einfallswinkeln des Primärstrahls nach Müller (79).

winkeln gemessenen Ausbeutekurven werden mit steigender Primärenergie kleiner, aber etwa in demselben Verhältnis, wie die Ordinatenhöhe mit steigender Primärenergie überhaupt abnimmt; die relative Änderung der Ausbeute mit dem Einfallswinkel ist also für alle hier untersuchten Primärenergien annähernd gleich. Bis 4000 V liegt demnach bei Nickel noch kein Maximum der relativen Änderung der Ausbeute mit dem Einfallswinkel vor, wie es Baltruschat und Starke (6) (Tabelle III) für *Pt* und *Al* gefunden haben. Müller hat ferner für eine feste Primärenergie (2500 V) die Ausbeute in Abhängigkeit vom Einfallswinkel für verschiedene Materialien gemessen (Fig. 23): Alle Materialien ergeben qualitativ das gleiche Bild, nämlich einen zunächst langsamen, dann immer schnelleren Anstieg mit zunehmendem Einfallswinkel. Um die verschiedenen Materialien auch bezüglich der relativen Zunahme mit dem Einfallswinkel besser vergleichen zu können, sind ferner alle Kurven der Fig. 23 auf gleiche relative Ausbeute bei senkrechtem Ein-

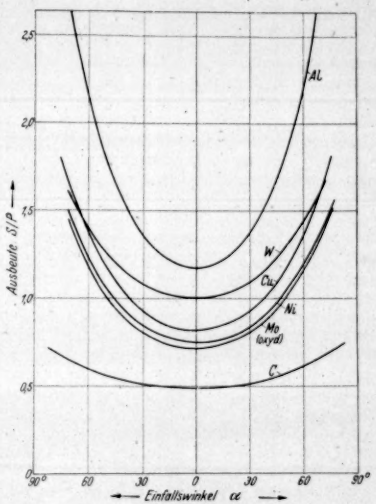


Fig. 23. Sekundäremission von verschiedenen Materialien in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Primärstrahls (2500 V primär) nach Müller (79).

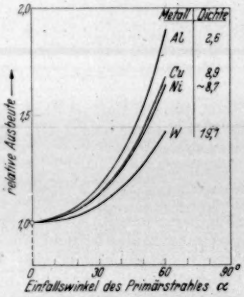


Fig. 24. Abhängigkeit der relativen Ausbeutezunahme mit dem Einfallswinkel vom Sekundärstrahlermaterial nach Müller (79).

fall (Kurvenminimum bei 0°) umgerechnet: Fig. 24. Durch diese Umrechnung tritt eine gewisse Ordnung der Metalle nach ihrer Dichte ein, und zwar ist der relative Anstieg um so stärker, je geringer die Dichte des Metalls ist[1]).

[1]) Durch freundliches Entgegenkommen von Herrn Dipl.-Ing. Müller konnte ich schon vor der Veröffentlichung in seine Arbeit Einsicht nehmen und seine Resultate in diesem Bericht verwerten, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen möchte.

[1]) Eine Ausnahme bilden die „*C*"- und die „*Mo*"-Kurven, die jedoch mit den anderen nicht direkt vergleichbar sind, weil der Kohlenstoff in Rußform (fein gemahlene Kohle aufgeschwemmt auf Nickelunterlage) untersucht wurde und die Molybdänfläche, wie bereits früher erwähnt, oberflächlich oxydiert war.

IV. Sekundärelektronenemission von Isolatoren.

Bei der SE. von Isolatoren (z. B. Glas, Glimmer usw.) handelt es sich naturgemäß um eine kompliziertere Erscheinung als bei der SE. von leitenden Oberflächen; es liegen daher nur eine kleine Zahl von Arbeiten zu dieser Frage vor. Die *Energieverteilung* der aus einem Isolator austretenden Elektronen bei Beschießung mit primären Elektronen ist von Daene und Schmerwitz (36) sowie von Kalckhoff (63) untersucht worden. Für 2500 V Primärenergie treten nach Daene und Schmerwitz keine Elektronen mehr aus dem Isolator aus, wenn 60 V verzögernder Spannung an ihn angelegt werden[1]), bei 40 V verzögernder Spannung wird der Elektronenaustritt gerade nachweisbar, d. h. die den Isolator verlassenden Elektronen besitzen sämtlich nur geringe Energie, es handelt sich also auch hier um Sekundär-Elektronen im engeren Sinne (vgl. S. 205) und nicht um reflektierte Primärelektronen. In qualitativer Übereinstimmung hiermit stehen auch die Angaben von Kalckhoff, der nach der Methode des transversalen Magnetfeldes maximale Elektronenmengen für 8–22 V Energie findet bei Primärenergien zwischen 100 und 3500 V. Die *Winkelverteilung* der austretenden Elektronen wurde ebenfalls von Daene und Schmerwitz (36) untersucht: Die Hauptmenge der Elektronen verläßt die Isolatoroberfläche in senkrechter Richtung unabhängig vom Einfallswinkel des Primärstrahls; die Isolatoroberfläche verhält sich in dieser Beziehung also nicht wesentlich anders wie metallische Oberflächen (Kosinusgesetz). Die *Ausbeute* an S. kann auch bei Isolatoroberflächen den Wert 1 überschreiten, was als Beweis dafür anzusehen ist, daß zumindest ein Teil der austretenden Elektronen an der Fläche neu ausgelöst worden ist. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen dem Verhalten von leitenden und nichtleitenden Oberflächen zeigte sich aber bei der Untersuchung der Ausbeute in Abhängigkeit vom Auftreffwinkel α des Primärstrahls: Während bei metallischen Oberflächen (vgl. S. 213–215) die Ausbeute mit zunehmendem Einfallswinkel des Primärstrahls dauernd ansteigt (schematische Darstellung in Fig. 25a), ist dies für Isolatoroberflächen (schematische Darstellung in Fig. 25b) nur bis zu einem bestimmten „kritischen" Einfallswinkel der Fall, dann fällt die Ausbeute plötzlich stark ab, um bei einem höheren Winkel schließlich wieder anzusteigen. Dieser Vorgang wurde zuerst von Wehnelt (119) zwecks Erklärung gewisser Erscheinungen angenommen, die Nickel (81) in einer Dissertation beschreibt und wurde dann von Schmidt (95) durch direkte experimentelle Untersuchung bestätigt. Im Anschluß daran ist diese Erscheinung mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen (16, 36, 63, 113, 118). Es zeigte sich, daß der „kritische"

Fig. 25. Abhängigkeit der Ausbeute vom Einfallswinkel des Primärstrahls (schematisch).

Winkel nur bei bestimmten Energien der Primärelektronen existiert, nämlich im Bereich von 1300–3000 V. Mit zunehmender Primärenergie verschiebt sich dabei der Wert von α_{krit} nach immer größeren Einfallswinkeln, um schließlich ganz zu verschwinden. Auch von der Temperatur des Sekundärstrahlers ist α_{krit} in seiner Größe stark abhängig: Ist z. B. bei Zimmertemperatur $\alpha_{krit} = 35°$, so liegt er unter sonst gleichen Bedingungen bei der Temperatur der flüssigen Luft bei 15°; bei Erwärmung des Isolators verschiebt sich α_{krit} zu immer größeren Winkeln, um schließlich für 150° C ganz zu verschwinden, d. h. oberhalb 150° C verhält sich der Isolator (Glas) in dieser Beziehung wie eine Metalloberfläche. Untersucht wurden Glas, Quarz, Glimmer, Cellon, Zinkspat, wobei sich für alle diese Materialien prinzipiell das gleiche Verhalten ergab. Die Erklärungen dieses Effektes, die von verschiedener Seite versucht worden sind (36, 61, 64), basieren auf der Annahme, daß sich von der Oberfläche des Isolators bis zu einer gewissen Tiefe eine Schicht ausbildet, in welcher die hineingeschossenen Elektronen steckenbleiben und die dadurch eine negative Raumladung erhält; die austretenden Elektronen bewegen sich unter dem Einfluß des sich ausbildenden Potentialfeldes. Die weitere Verfolgung dieses Gedankenganges führt zu einem Ausdruck für α_{krit} als Funktion der Energie der Primärelektronen und des Potentials der Raumladeschicht im Isolator, der die experimentellen Resultate über den kritischen Winkel qualitativ richtig wiedergibt[1]). Zusammenfassend können wir sagen, daß S. auch an isolierenden Oberflächen ausgelöst werden und daß die Ausbeute in vielen Fällen über 1 liegt. Dies hat zur Folge, daß ein primär getroffener Isolator sich durchaus nicht

1) Das Potential wird an die Metallunterlage des Isolatorplättchens angelegt.

1) Zu den Schwierigkeiten, die bei diesen Überlegungen zu überwinden sind, vgl. auch den Abschnitt über die Eindringtiefe der Primärelektronen in metallische Schichten auf S. 220.

immer negativ aufladen muß, sondern daß das Vorzeichen der Aufladung ebenso wie bei isolierten Metallen von der SE.-Fähigkeit und den Versuchsbedingungen abhängt[1]).

In diesem Zusammenhang soll noch auf eine technische Ausnutzung dieses Effektes durch Knoll (65) hingewiesen werden. Knoll ermittelt diejenigen Stellen im Innern einer Elektronenröhre, die von Primärelektronen während des Betriebes der Röhre getroffen werden, indem er mit Hilfe der S. die inneren Teile der Röhre elektronenoptisch auf einem Leuchtschirm abbildet. Die Intensitätsverteilung dieses Bildes läßt Rückschlüsse auf die Verteilung der primär auftreffenden Elektronen zu.

V. Sekundäremission bei hohen Primärenergien.

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Eigenschaften der S. hauptsächlich für Primärelektronenenergien bis zu einigen kV aufwärts behandelt. Zur Abrundung des Gesamtbildes wird in diesem Abschnitt ein kurzer Überblick über die Erscheinungen bei höheren Primärenergien gegeben.

Die *Energieverteilung* der S. bleibt in ihrer Maximumslage auch bei höheren Primärenergien im wesentlichen unabhängig von der Primärenergie, im ganzen ist nur die Tendenz einer Bevorzugung höherer S.-Energien festzustellen (23, 24, 47, 48, 103). Bei hohen Primärenergien lassen sich noch S. mit Energien bis zu einigen hundert Volt nachweisen. In allen Fällen bleibt aber die Energie der S. klein gegenüber der Energie der Primärelektronen. Die *Winkelverteilung* der S. folgt auch bei höheren Energien dem Kosinusgesetz (80). Die *Ausbeute*kurven fallen in Fortsetzung des Verlaufs bei kleineren Primärenergien mit steigender Energie immer weiter ab; so gibt z. B. Schonland (96) bei 18 kV Primärenergie für Gold, Silber, Kupfer, Aluminium Ausbeutewerte von 0.20, 0.19, 0.10, 0.05 an. Dies beruht hauptsächlich darauf, daß der größte Teil der S. in immer tieferen Schichten des Metalls entsteht, so daß ein immer größerer Prozentsatz der ausgelösten S. im Metall absorbiert wird[2]). Verlangsamt wird dieser Abfall der Ausbeute allerdings durch die Erscheinung der „Rückdiffusion": Primäre Elektronen, die bei vielen Zusammenstößen mit Metallatomen ihre Anfangsrichtung im Metall um mehr als 90° geändert haben, kommen aus dem Metall wieder nach rückwärts heraus und erzeugen in den von ihnen zum zweiten Mal durchquerten maßgebenden Oberflächenschichten zum zweiten Male Sekundärelektronen. Dabei lösen diese rückdiffundierten Primärelektronen im allgemeinen eine merklich größere Zahl von S. aus als die eintretenden, denn ihre Energie ist infolge von Energieverlusten im Metall im Durchschnitt in den maßgebenden Oberflächenschichten merklich kleiner als die der eintretenden Primärelektronen, so daß sich an Hand der Ausbeutekurve merklich höhere Ausbeutewerte ergeben. Bei hohen Primärenergien überwiegt dieser Auslösungsvorgang durch rückdiffundierte Elektronen zahlenmäßig so stark, daß die Gesamtzahl von S., die eine Fläche verlassen, proportional zur Zahl der rückdiffundierten Elektronen wird, vermehrt um eine dagegen kleine additive Konstante, die von der S.-Erzeugung beim Eintritt der Primärelektronen in das Metall herrührt (103).

Es tritt bei höheren Primärenergien aber noch eine andere Erscheinung auf, die auf der wachsenden Eindringtiefe der Primärelektronen und damit ihrer wachsenden Durchdringungsfähigkeit für immer dickere Materieschichten beruht: Beim Aufprall auf Folien tritt ein Teil der primär auftreffenden Elektronen nach Durchgang durch die Folie aus dieser an ihrer Rückseite wieder heraus und löst dabei S. aus, die also an der Rückseite der getroffenen Folie in Freiheit gesetzt werden. Ihre Zahl ist proportional zu derjenigen Anzahl von Primärelektronen, die mehrere Atomlagen vor Ende der Folie vom Primärstrahl noch übriggeblieben sind, im wesentlichen also auch von der Zahl der austretenden bzw. in den letzten Atomlagen absorbierten Primärelektronen. Wäre aber für die Zahl der an der Rückseite der Folie austretenden S. nur die Zahl der an der Rückseite austretenden Primärelektronen maßgebend, so würde man eine immer größere Zahl von S. mit wachsender Durchdringungsfähigkeit (Energie) der Primärelektronen erwarten. Nach den Ausbeutekurven (Fig. 12) nimmt jedoch mit steigender Primärenergie die Zahl der ausgelösten S. immer weiter ab, es wird daher ein Primärenergie*optimum* für die Zahl der in Strahlrichtung ausgelösten S. geben, das von der Dicke der zu durchstrahlenden Folie abhängt. Dieses Optimum wird schätzungsweise bei einer Primärenergie liegen, bei der die austretenden Primärelektronen eine Restenergie von einigen tausend Volt haben[1]).

1) In diesem Sinne sind wahrscheinlich auch die Resultate der Versuche von S. Kalaschnikoff (62) zu erklären.

2) Für die Größe der S.-Ausbeute ist aus diesem Grunde die in den Oberflächenschichten erzeugte Sekundärelektronenzahl maßgebend.

1) Diese Betrachtungen sind unter der Annahme durchgeführt worden, daß die S. infolge ihrer Absorption im Metall nur aus einer verhältnismäßig dünnen Oberflächenschicht heraustreten können. Gesicherte Aussagen werden erst möglich sein, wenn über die Absorption langsamer Elektronen in verschiedenen Metallen quantitative Daten vorliegen, die z. Z. noch fast völlig fehlen.

Bei den eben angestellten Überlegungen war der Leitgedanke, eine möglichst große S.-Absolutausbeute an der Rückseite der Folie zu erzielen. Wesentlich anders liegt die Sache, wenn man z. B. die Struktur oder die Dicke der Folie mit Hilfe der in Strahlrichtung austretenden S. untersuchen will. Hierbei würde es sich darum handeln, an den verschiedenen Stellen der Folie möglichst starke relative Unterschiede in der Zahl der austretenden S. ohne Rücksicht auf ihre Gesamtzahl zu erhalten. In diesem Fall wird man die Primärenergie so wählen, daß an dünnen Stellen der Folie die Primärelektronen gerade eben noch in merklicher Zahl bis zu den letzten Schichten der Folie gelangen und S. erzeugen; an den etwas dickeren Stellen werden dann gerade keine Primärelektronen mehr in die wirksamen letzten Schichten der Folie gelangen und es werden somit an diesen Stellen auch keine S. die Folie verlassen. Auf dem letztgenannten Wege konnten tatsächlich sehr kontrastreiche elektronenoptische Bilder der Dickenstruktur von Folien erhalten werden (15).

VI. Zum Vorgang der Auslösung von Sekundärelektronen.

Die theoretische Erfassung der SE. steht noch in den Anfängen. Als einzige Arbeit, die sich mit dem Gegenstand genauer befaßt hat, liegt eine Untersuchung von Fröhlich (46) auf wellenmechanischer Grundlage vor. Fröhlich zeigt zunächst, daß die Bindung der Elektronen im Metall für die hier zu behandelnde Erscheinung als wesentlich betrachtet werden muß, da es im Modell der freien Elektronen (Sommerfeld) wegen Impuls- und Energiesatz keine Sekundäremission nach rückwärts geben kann. Die S. entstehen durch unelastische Stöße der Primärelektronen mit den Metallelektronen, wobei Impuls- und Energiesatz gelten. Tatsächlich gelingt es Fröhlich auf diese Weise — unter Vernachlässigung der Absorption der S. im Metall —, verschiedene charakteristische Eigenschaften der S. qualitativ wiederzugeben (die im folgenden eingeklammerten Seiten- oder Figurenzahlen weisen auf die zugehörigen experimentellen Resultate hin):

1. Die Energie der S. ist klein (kleiner etwa 25 V) und in erster Annäherung unabhängig von der Primärenergie (vgl. S. 205).
2. Es existiert ein Grenzwert der Primärenergie, unterhalb dessen keine S. mehr entstehen (S. 205).
3. Die S.-Ausbeute steigt bei kleinen Primärenergien mit $\sqrt{E_{\text{prim}}}$ an und fällt bei hohen Primärenergien wieder ab (vgl. Fig. 7).
4. Der Absolutwert der Ausbeute ergibt sich für *Ag* bei 100 V Primärenergie ungefähr zu einem Sekundärelektron/Primärelektron (vgl. Fig. 12).

Trotz diesen, den Grundvorgang bereits befriedigend darstellenden Rechnungen von Fröhlich sind bis zur quantitativen Erfassung der SE.-Vorgänge, besonders auch im Hinblick auf zusammengesetzte Schichten, noch große Schwierigkeiten zu überwinden. Die Ursache hierfür liegt einerseits in der Unvollständigkeit des experimentellen Materials über das Verhalten der Primär- und der Sekundärelektronen in festen Körpern (Absorption, Streuung usw.) und andererseits darin, daß sich auch theoretisch über die Bewegungen langsamer Elektronen im Metall sowie z. B. über die Einflüsse der ans Vakuum grenzenden Metalloberfläche auf die im Metall befindlichen Elektronen quantitative Angaben kaum machen lassen. Wenn in diesem Bericht trotzdem dem Auslösungsvorgang ein größerer Abschnitt eingeräumt worden ist, so soll dieser vor allem der Zusammenstellung derjenigen Versuchsergebnisse und Überlegungen dienen, die für die Aufklärung des Auslösungsvorganges wesentlich scheinen und im vorangegangenen noch nicht genauer behandelt sind.

Periodisches System. Schon in den ersten systematischen Untersuchungen wurde nach Beziehungen zwischen der SE. der Metalle und ihrer Stellung im periodischen System gesucht. Es konnte aber kein einfacher Zusammenhang festgestellt werden, z. B. derart, daß die Höhe oder die Abszissenlage des Ausbeutemaximums in bestimmter Weise mit der Stellung des untersuchten Metalls im periodischen System parallel gegangen wäre. Zum Nachweis einer periodischen Abhängigkeit entsprechend der Unterteilung des periodischen Systems dagegen reicht das bisher als gesichert zu betrachtende Material auch garnicht aus. (Tabelle IV gibt eine Zusammenstellung der Höhen- und Abszissenlage der bisher bekannten Ausbeutekurvenmaxima als Funktion der Ordnungszahl des zugehörigen Metalls.) Gewisse Zusammenhänge der SE. eines Metalls mit seiner Stellung im periodischen System scheinen aber doch zu bestehen, worauf zuerst Copeland (28, 33) hingewiesen hat. Trägt man nämlich die relative Steilheit des Abfalls der Ausbeutekurve zwischen dem Ausbeutemaximum und dem bei 1000 V größerer Primärenergie liegenden Kurvenpunkt über der Ordnungszahl auf, also den Ausdruck:

$$\frac{(S/P)_{\max} - (S/P)_{(\max + 1000\,\text{V})}}{(S/P)_{\max}} \quad \text{(vgl. Fig. 26 a)},$$

so ordnen sich die relativen Steilheitswerte in groben Zügen einem Kurvenzug ein (Fig. 26 ××),

Tabelle IV.

Zusammenhang der SE. mit der Ordnungszahl und der Austrittsarbeit.

Element	Höhe des S/P-Maximums	Abszissenlage des S/P-Maximums	Ordnungszahl	Austrittsarbeit in Volt
Be	5,4	600	4	—
C (Ruß)	(0,6-1)		6	(3,9—4,8)
Al	2,4	400	13	1,8—3,9
Si	1,63	380	14	4,8
K	(2,5)	(600)	19	(1,0—2,0)
(komplexe Schicht)				
Ca	4,95	520	20	1,7—3,3
Fe	1,27	400	26	4,0—4,7
Ni	1,3	500	28	3,0—4,6
Cu	1,27	600	29	4,0—4,8
Rb	(5,75)	(700)	37	(1,2—1,5)
(komplexe Schicht)				
Nb	1,17	400	41	—
Mo	1,27	375	42	3,3—4,6
Ag	1,47	800	47	3,0—4,7
Cs	(8,5)	(400—600)	55	(0,7—1,8)
(komplexe Schicht)				
Ba	2,72	530	56	1,8—2,3
Ta	1,3	625	73	4,0—4,9
W	1,33	625	74	4,2—5,4
Pt	1,52	1000	78	3,0—6,7
Au	1,45	780	79	4,3—4,7

der mit steigender Ordnungszahl zuerst schnell und dann langsam abfällt. Später hat Warnecke (116) seine eigenen Ausbeutekurven in ähnlicher Weise ausgewertet, indem er die relative Steilheit des Kurvenabfalles zwischen 1100 und 1500 V Primärenergie ohne Rücksicht auf die Lage des Maximums berechnete (Fig. 26 ○○).

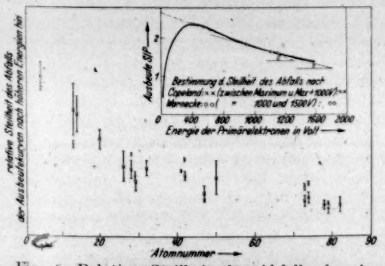


Fig. 26. Relative Steilheit des Abfalls der Ausbeutekurven als Funktion der Atomnummer nach Copeland (33) und Warnecke (116).

Auch hierbei ergab sich im wesentlichen dasselbe Bild. Bemerkenswert sind die verschiedentlich auftretenden recht erheblichen Unterschiede zwischen nahe beieinanderliegenden Metallen, die in gleicher Weise von Copeland und von Warnecke gefunden sind, und denen demnach eine gewisse Realität zuzukommen scheint.

Austrittsarbeit. Nach Tabelle IV zeigen diejenigen Metalle die größte S.-Ausbeute, die infolge ihrer geringen Austrittsarbeit auch glühelektrisch gut emittieren, obgleich eine direkte Parallelität des maximalen S/P-Wertes mit der Austrittsarbeit bei genauerem Vergleich auch der übrigen Elemente in Tabelle IV anscheinend nicht besteht. Der Zusammenhang zwischen SE. und Austrittsarbeit wurde in zwei Arbeiten bereits direkt behandelt: Sixtus (99) untersuchte die SE. von thoriertem Wolframdraht bei verschiedenem Bedeckungsgrad Θ[1]), seine Resultate sind in Fig. 27 dargestellt. Bei konstanter Glühtemperatur (1655 °K) eines Wolframdrahtes wurde die Glühemission infolge der Erniedrigung der Austrittsarbeit durch Vergrößerung des Bedeckungsgrades um den Faktor 10^5 gesteigert, während die gleichzeitig gemessene SE. innerhalb des gleichen Bedeckungsbereiches nur eine Steigerung von 20 Proz. aufwies. In einer anderen Arbeit mißt Treolar (111) die S.-Ausbeute an einer Molybdänfläche, deren Austrittsarbeit durch Bedeckung mit einer sehr dünnen Bariumschicht herabgesetzt wird. Eine Verkleinerung der Austrittsarbeit um im ganzen 3 V ergab eine Vergrößerung der S.-Ausbeute von 1,6 auf 2,5. Treolar berechnet dann die zu erwartende Vergrößerung der Ausbeute unter Zugrundelegung der S.-Energieverteilung nach Haworth (53) und des Kosinusgesetzes für die Winkelverteilung der S. und findet befriedigende Übereinstimmung mit dem Experiment.

Es liegt also für ein und dasselbe Material, dessen Austrittsarbeit variiert wird, eine Parallelität der S.-Ausbeute mit der Austrittsarbeit oder

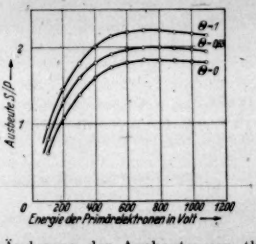


Fig. 27. Änderung der Ausbeute von thoriertem Wolfram mit dem Bedeckungsgrad Θ nach Sixtus (99).

wenigstens mit einer Metalleigenschaft vor, die einen ähnlichen Gang besitzt wie die

1) Über die Bestimmung des Bedeckungsgrades vgl. man die Originalarbeit.

Austrittsarbeit. Der gegenüber der Glühemission zahlenmäßig viel schwächere Einfluß der Austrittsarbeit läßt sich mit der höheren Energie der S. verständlich machen, worauf auch bereits Sixtus hingewiesen hat. In der gleichen Richtung liegt auch die bereits behandelte Temperaturunabhängigkeit der SE.: Die Energie der S. ist im Durchschnitt so groß, daß eine Energieerhöhung um einige Zehntel Volt durch Temperaturerhöhung um etwa 1000° C die Austrittsmöglichkeiten für die S. nicht wesentlich verbessert.

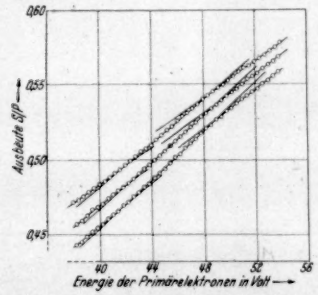


Fig. 28. „Feinstruktur" der Ausbeute (Eisen als Beispiel) nach Petry (83). (Man beachte den Abszissen- und Ordinatenmaßstab!)

Anregung von Röntgenstrahlen. Bei genauerer Betrachtung der gemessenen Ausbeutekurven kann man eine Art „Feinstruktur" beobachten (kleine Maxima, Kurvenknicke, plötzliche Steilheitsänderungen oder andere Unregelmäßigkeiten im Kurvenverlauf, wie z. B. in Fig. 28, die einer Arbeit von Petry [83] entnommen ist). Mit der Frage nach der Ursache dieser Erscheinungen haben sich eine ganze Reihe von Forschern eingehend befaßt. Richardson (89, 90), Krefft (67–70), Petry (83, 84), Stuhlmann (105, 106), Rao (85–88), Rose (91) haben die Abszissenlage von Kurvenknicken den aus Röntgenstrahluntersuchungen bekannten kritischen Potentialen zuzuordnen versucht. Während nun die ersten dieser Arbeiten eine große Zahl solcher Potentiale angeben, wies Farnsworth (42, 43) experimentell nach, daß viele von ihnen nach starker Wärmebehandlung nicht mehr in Erscheinung treten und daß ein Teil von ihnen bei der gleichen Primärenergie beobachtet wird, bei der auch neue Maxima in der Winkelverteilung auftreten, die Farnsworth gleichzeitig untersuchte[1]). Bei den unter diese Versuche fallenden Unregelmäßigkeiten kann es sich demnach nicht um Röntgenstrahlerzeugung handeln, da diese für das untersuchte Material an sich charakteristisch ist und nicht für seine Oberfläche oder Struktur. Aus neuerer Zeit liegt nun zu dieser Frage noch eine sorgfältige Untersuchung von Warnecke (117) vor. Warnecke bestätigt einerseits die eben erwähnten Resultate von Farnsworth, findet aber, daß schließlich einige Kurvenknicke übrigbleiben, die von äußeren Einflüssen, wie Wärmebehandlung, Struktur usw., nicht mehr abhängen, deren Auftreten also in Übereinstimmung mit Richardson u. a. als reine Materialeigenschaft (Anregung weicher Röntgenstrahlung) zu deuten wäre. Die hierfür von Warnecke angegebenen Zahlenwerte sind in Tabelle V zusammengestellt. Der Vergleich mit anderweitig bekannten Werten kritischer Potentiale für die Anregung von Röntgenstrahlen ergibt befriedigende Übereinstimmung.

Tabelle V.

Kritische Potentiale für Anregung weicher Röntgenstrahlen aus plötzlichen Änderungen der Sekundärelektronenausbeute nach Warnecke (117).

Material	Kritische Potentiale in Volt				
Wolfram ..	25 ± 1	35 ± 2	70 ± 5		
Tantal	23 ± 1	35 ± 2	70		
Nickel	30 ± 2	50 ± 2	80 ± 5	100 ± 5	125 ± 5

Eindringtiefe der Primärelektronen. Für die Eigenschaften der S. ist auch die Tiefe von Bedeutung, in welcher sie hauptsächlich erzeugt werden (31, 32, 87, 116)[2]); denn je dicker die Schicht ist, die sie bis zur Metalloberfläche zu durchdringen haben, desto weniger werden auch durch die Oberfläche heraustreten. Über diese Eindringtiefe lassen sich bereits einige Aussagen machen. Farnsworth (44) hat Elektronen von einigen hundert Volt Energie an einem Silbereinkristall gebeugt und die Intensität der Beugungsmaxima als Funktion der Dicke einer aufgedampften Silberschicht gemessen[3]). Die Intensitätsabnahme der Einkristallbeugungsmaxima zeigt, daß bei 300 V Primärenergie etwa ein Drittel der auffallenden Elektronen noch eine „zweiatomare" Silberschicht zu durchdringen vermögen. Auf ganz anderem Wege hat

1) Das Auftreten solcher Maxima in der Winkelverteilung steht nicht im Widerspruch zu dem im vorhergehenden Abschnitt Gesagten, was sich auf SE. im strengen Sinne bezog, während es sich bei den von Farnsworth gefundenen Maximas der Winkelverteilung offenbar um Beugungserscheinungen der elastisch gestreuten Elektronen handelt.

2) Vgl. auch die Ausführungen über Aufdampfschichten (S. 210 und 211).

3) Eine solche Silberaufdampfschicht kristallisiert auf kaltem Unterlagekristall im allgemeinen nicht auf.

Bruining (18) in hier bereits besprochenen Versuchen (vgl. S. 214) eine Aussage über die Eindringtiefe zu machen versucht. Unter gewissen vereinfachenden Annahmen und unter Zuhilfenahme des bisher einzigen, gegenüber langsamen Elektronen bekannten Absorptionskoeffizienten eines Metalls (Nickel) nach den Messungen von A. Becker (14) berechnet er aus der Abhängigkeit der Ausbeute vom Einfallswinkel des Primärstrahls für 500-V-Elektronen eine Eindringtiefe von etwa 30AE, also etwa 15–20 Atomlagen.

Die Auslösezeit. Man hat auch schon die „Auslösezeit" bei der SE. zu bestimmen versucht, d. h. die Zeit, die vom Auftreffen des Primärelektrons bis zum Weggehen des Sekundärelektrons vergeht, allerdings bisher nur nach indirekter Methode aus dem Schroteffekt der SE. Der Schroteffekt der SE. wird nach bekannten Methoden bei gleichzeitiger Unterdrückung des Schroteffektes der Primärelektronen gemessen und mit drei verschiedenen theoretischen Ansätzen verglichen, die auf je einer der folgenden Annahmen aufgebaut sind:

a) daß die Auslösezeit unendlich klein ist,
b) daß die Auslösezeit eine bestimmte Größe hat, daß aber die von einem Primärelektron ausgelösten S. sämtlich gleichzeitig das Metall verlassen,
c) daß die Auslösezeiten der verschiedenen S. statistisch verteilt sind.

Aus dem Ergebnis wird dann auf die Richtigkeit der einen oder anderen Annahme geschlossen. Während es nach einer früheren Arbeit von Hull und Williams (58) zunächst den Anschein hatte, als wenn es eine von o merklich verschiedene Auslösezeit gäbe, kommen mehrere Autoren in neuerer Zeit (2, 56, 57, 78, 82, 124 bis 126) übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß die Auslösezeit sehr klein ($< 10^{-9}$ sec), also für alle praktischen Fälle vernachlässigbar ist. Es wäre zweifellos wünschenswert, diese Frage in direkter Form zu behandeln. Prinzipiell bieten sich wohl Möglichkeiten, z. B. könnte man die Ankunftszeiten der elastisch gestreuten primären Elektronen mit denen der S. vergleichen, indem man einen Primärstrahl in hochfrequentem Rhythmus auf einem S.-Strahler auffallen läßt und die weggehenden primären und sekundären Elektronen in einem Kondensatorfeld von gleichem Rhythmus zu zerlegen versucht.

VII. Technische Bedeutung der Sekundärelektronenemission.

Ein Bericht über SE. kann an der technischen Bedeutung dieser Erscheinung nicht vorbeigehen, obgleich eine vollständige Darstellung der technischen Anwendungen im Rahmen dieses Berichtes natürlich nicht gegeben werden kann. Es sei hier nur die Richtung angedeutet, in der diese Anwendungsmöglichkeiten liegen.

Verstärkerröhren. Bei der Herstellung von Verstärkerröhren machte sich die SE. störend bemerkbar, weil die dadurch bedingte negative Gitter- und Anodencharakteristik unter gewissen Voraussetzungen unangenehme Labilitätserscheinungen zur Folge hat. Die Entwicklung führte zur Bremsgitterröhre (Penthode), bei der mit Hilfe des sog. Bremsgitters die störende SE. völlig unterdrückt wird. Andererseits wurde die negative Charakteristik von Dreielektrodenröhren zur Schwingungserzeugung ausgenutzt (Dynatronschaltung). Wegen der Einzelheiten sei auf bekannte Darstellungen verwiesen (11), hier soll nur auf zwei Punkte näher eingegangen werden. Erhöht man bei einer Dreielektrodenröhre in Dynatronschaltung (Gitter hoch positiv) das Potential der Anode, so wird bei einem bestimmten Potential von der Größenordnung des Gitterpotentials der Anodenstrom gleich Null; trotzdem kann dabei bekanntlich die Anode glühend werden. Das Nullwerden des Anodenstroms bedeutet nämlich, daß ebenso viele S. die Anode verlassen, wie Primärelektronen auftreffen. Die Ladung der ankommenden Elektronen wird also durch die weggehenden S. weggeführt, die Energie der ankommenden Elektronen wegen der kleinen Energie der S. dagegen nicht; sie muß sich also zum größten Teil an der Anode in Wärmeenergie umwandeln[1]).

Die zweite Bemerkung betrifft die Potentiale von irgendwelchen isolierten Metallteilen oder Isolatorflächen in der Röhre, z. B. von Teilen der Glaswand. Das Potential dieser Röhrenteile im Betrieb ist bedingt durch einen Gleichgewichtszustand, der a) durch die Energie der Primärelektronen (Anodenspannung), b) durch das Sekundärstrahlvermögen des betreffenden Röhrenteils und c) durch das Ausgangspotential gegeben ist, auf dem er sich bei Beginn des Betriebes zufällig befand. In vielen Fällen stellt sich dabei entweder Kathoden- oder Anodenpotential ein; doch kann es auch dazwischen noch einen stabilen Gleichgewichtszustand geben, ein Fall, der besonders bei hohen Anodenspannungen eintritt.

Photozellensekundärverstärker. Direkte Anwendung zur Verstärkung haben die S. auf dem Gebiet der Photozellen gefunden. Das einfachste Beispiel für eine solche Anordnung ist eine Zelle mit Photokathode K, gitterförmiger Anode A und sekundärstrahlender

1) Diese Erscheinung war im frühen Stadium der Entwicklung ein von den übrigen Erscheinungen völlig unabhängiger Beweis dafür, daß die Energie der weggehenden Elektronen merklich kleiner ist als die der auftreffenden [vgl. I. Laub (72)].

Elektrode R (Fig. 29). Die durch Licht an K ausgelösten Elektronen werden auf A zu beschleunigt (Potential $A \rightarrow K$: z. B. + 500 V), treten aber größtenteils durch die Maschen von A hindurch und treffen mit etwas verminderter Energie auf R (Potential $R \rightarrow K$: + 400 V); die an R ausgelösten S. werden dann sämtlich nach A gezogen. Wir messen also als Anodenstrom den Strom von K multipliziert mit dem an R erzielten Verstärkungsfaktor. In praktischen Fällen (Cäsiumphotozellen) läßt sich auf diesem Wege eine 6—7fache Verstärkung gegenüber dem primär vom Licht ausgelösten Photostrom erreichen[1]).

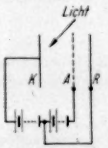


Fig. 29. Photozelle mit Sekundärelektronenverstärkung (schematisch).

Wesentlich höhere Verstärkungsgrade wird man erhalten, wenn man mehrere Sekundärstrahler hintereinanderschaltet, d. h. die von dem ersten Sekundärstrahler weggehenden Elektronen auf den zweiten fallen läßt usf., und den gesamten verstärkten Strom schließlich auf einer Anode sammelt. Der Elektronenstrom wird sich bei einer solchen Anordnung von Stufe zu Stufe nach einer geometrischen Reihe vergrößern, wenn es gelingt, wirklich alle von einem Sekundärstrahler ausgehenden Elektronen auf den nächsten auftreffen zu lassen; dies wird im allgemeinen nach elektronenoptischen Grundsätzen mit elektrischen oder magnetischen Feldern erreicht. Die verschiedenen Ausführungsformen dieser sog. S.-Vervielfacher sind schon mehrfach beschrieben worden (45, 121, 122, 129, 130), so daß sich hier ein weiteres Eingehen erübrigt.

Hingewiesen sei nur auf die Vorzüge der S.-Vervielfacher gegenüber Vakuumphotozellen mit gewönlichen Röhrenverstärkern oder gasgefüllten Photozellen:

1. Die S.-Vervielfacher geben in einer einzelnen Röhre bis zu 10^8fache Verstärkung, haben also den üblichen Verstärkern die kleine und bequeme Bauart voraus.
2. Der sekundärelektronenverstärkte Photostrom zeigt keine Frequenzabhängigkeit der Verstärkung, jedenfalls solange die durch Hinzukommen der dritten Elektrode verursachte Kapazitätsänderung keine Rolle spielt und solange die Auslösezeit für die S. sowie die Laufzeit zwischen den Platten klein ist gegenüber der benutzten Frequenz. Das ist, abgesehen von dem Verstärkungsgrad, ein Vorteil gegenüber den gasgefüllten Photozellen, die bekanntlich nicht trägheitsfrei und daher bei hohen Frequenzen für manche Zwecke nicht mehr brauchbar sind.
3. Das Verhältnis von Nutzenergie zu Rauschenergie ist beim S.-Vervielfacher im wesentlichen bestimmt durch den Schroteffekt des zu verstärkenden primären Photostroms, während es bei Zusammenschaltung von Photozelle und Röhrenverstärker im wesentlichen durch das Wärmegeräusch des Verstärkers und der Kopplungselemente bestimmt ist. Zur Erzielung gleichen Verhältnisses von Nutz- zu Rauschenergie kann also z. B. der zu verstärkende primäre Photostrom beim S.-Vervielfacher um etwa 2 Zehnerpotenzen kleiner gewählt werden als bei Benutzung von Röhrenverstärkern (130). Das ist wohl der wichtigste Vorzug der S.-Vervielfacher.

Bildverstärkung mit Hilfe von Sekundärelektronen. Die S.-Verstärkung von elektronenoptischen Bildern in der Fernsehtechnik wurde bisher nur bei solchen Verfahren verwendet, die mit Bildzerlegung arbeiten. Nach der von Farnsworth (45) angegebenen Methode wird an einer lichtelektrisch empfindlichen Kathode durch Lichtbestrahlung ein Elektronenbild erzeugt und auf die Anode elektronenoptisch abgebildet. In der Anode befindet sich eine feine Öffnung, durch welche die auf diese Öffnung fallenden Elektronen in den hinter der Anode befindlichen Verstärker eintreten. Zur Verstärkung des so entstehenden, sehr intensitätschwachen Elektronenstrahls wird nun nicht ein gewöhnlicher Röhrenverstärker benutzt, weil dieser wegen seines hohen Störpegels einen zu hohen Ausgangsstrom verlangt und damit eine zu kleine Bildpunktzahl ermöglicht hätte, sondern ein S.-Vervielfacher, mit dem wegen seines etwa 100fach kleineren Störpegels eine ausreichende Bildpunktzahl erreicht werden kann. Bei dem Farnsworth-Verfahren tritt also der S.-Vervielfacher nur an die Stelle eines Röhrenverstärkers, wobei sich allerdings seine guten Eigenschaften (speziell die oben unter 3 genannte) besonders stark auswirken. Eine prinzipiell wichtigere Rolle spielt die SE. bei dem von Zworykin (127, 128) angegebenen Fernsehverfahren (Ikonoskop), bei welchem ein Mosaik kleinster lichtelektrischer Zellen durch ein Lichtbild bestrahlt und die sich

1) Nicht die volle 8—10fache Ausbeute, da immer ein gewisser Teil des Primärstromes direkt auf die Anode geht und damit für die Verstärkung verloren ist (60, 82).

einstellende Ladungsverteilung mit einem Elektronenstrahl abgetastet wird; denn hier sorgt die SE. für die Einstellung eines definierten Gleichgewichtszustandes, von dem aus die Wirkungen der an den verschiedenen Bildpunkten verschieden starken Belichtung gemessen werden können[1]). Abgesehen von den beiden oben genannten Verfahren ist neuerdings auch der prinzipiell einfachste Weg, nämlich die Verstärkung eines feststehenden Elektronenbildes als Ganzes, von Coeterier und Teves (25) erfolgreich beschritten worden; ob er technisch gangbar ist, kann nur die weitere Entwicklung lehren.

VIII. Literaturverzeichnis.

(Literatur bis Ende Dezember 1936 berücksichtigt.)

1) A. J. Ahearn, Phys. Rev. **38**, 1858, 1931.
2) W. A. Aldous u. N. R. Campbell, Proc. Roy. Soc. **151**, 694, 1935.
3) L. E. Mc. Allister, Phys. Rev. **21**, 122, 1923.
4) L. Austin u. H. Starke, Ann. d. Phys. **9**, 271, 1902.
5) L. Austin u. H. Starke, Verh. dtsch. Phys. Ges. **4**, 106, 1902.
6) M. Baltruschat u. H. Starke, Physik. Zeitschr. **23**, 403, 1922.
7) J. G. Barber, Phys. Rev. **17**, 322, 1921.
8) O. v. Baeyer, Physik. Zeitschr. **10**, 168, 1909.
9) O. v. Baeyer, Verh. dtsch. Phys. Ges. **10**, 96 u. 935, 1908.
10) O. v. Baeyer, Physik. Zeitschr. **10**, 176, 1909.
11) H. Barkhausen, Elektronenröhren I (4. Aufl.) Verlag Hirzel, Leipzig 1931.
12) A. Becker, Ann. d. Phys. **78**, 228 u. 253, 1925.
13) A. Becker, Ann. d. Phys. **84**, 779, 1927.
14) A. Becker, Ann. d. Phys. **2**, 249, 1929.
15) R. Behne, Ann. d. Phys. **26**, 385, 1936.
16) B. Beyschlag, Diss. Berlin 1926.
17) J. B. Brinsmade, Phys. Rev. **30**, 494, 1927.
18) H. Bruining, Physica **3**, 1046, 1936.
19) N. R. Campbell, Phil. Mag. **24**, 783, 1912.
20) N. R. Campbell, Phil. Mag. **25**, 803, 1913.
21) N. R. Campbell, Phil. Mag. **28**, 286, 1914.
22) N. R. Campbell, Phil. Mag. **29**, 369, 1915.
23) S. Chylinski, Phys. Rev. **28**, 429, 1926.
24) S. Chylinski, Phys. Rev. **42**, 393, 1932.
25) F. Coeterier u. M. C. Teves, Physica **4**, 33, 1937.
26) P. L. Copeland, Phys. Rev. **35**, 293, 1930.
27) P. L. Copeland, Thesis in the Department of Physics, State Univ. of Jowa, Juli 1931.
28) P. L. Copeland, Phys. Rev. **40**, 122, 1932.
29) P. L. Copeland, Journ. Frankl. Inst. **215**, 435, 1933.
30) P. L. Copeland, Journ. Frankl. Inst. **215**, 593, 1933.
31) P. L. Copeland, Bull. Amer. Phys. Soc. **9**, 31, 1934.
32) P. L. Copeland, Phys. Rev. **45**, 763, 1934.
33) P. L. Copeland, Phys. Rev. **46**, 167, 1934.
34) P. L. Copeland, Phys. Rev. **48**, 96, 1935.
35) H. M. Dadourian, Phys. Rev. **14**, 434, 1919.
36) H. Daene u. G. Schmerwitz, Zeitschr. f. Phys. **53**, 404, 1929.
37) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **20**, 358, 1922.
38) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **25**, 41, 1925.
39) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **27**, 413, 1926.
40) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **31**, 405, 1928.
41) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **31**, 414, 1928.
42) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **31**, 419, 1928.
43) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **34**, 679, 1929.
44) H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **49**, 605, 1936.
45) P. T. Farnsworth, Journ. Frankl. Inst. **218**, 411, 1934.
46) H. Fröhlich, Ann. d. Phys. **13**, 229, 1932.
47) Ch. Füchtbauer, Physik. Zeitschr. **7**, 748, 1906.
48) Ch. Füchtbauer, Verh. dtsch. Phys. Ges. **8**, 394, 1906.
49) Ch. Füchtbauer, Ann. d. Phys. **23**, 301, 1907.
50) A. Gehrts, Ann. d. Phys. **36**, 995, 1911.
51) L. J. Haworth, Phys. Rev. **37**, 93, 1931.
52) L. J. Haworth, Phys. Rev. **42**, 906, 1932.
53) L. J. Haworth, Phys. Rev. **48**, 88, 1935.
54) L. J. Haworth, Phys. Rev. **50**, 216, 1936.
55) K. Hayakawa, Soc. Rep. Tohohu Imp. Univ. (1) **22**, 934, 1933.
56) L. J. Hayner, Physics **6**, 323, 1935.
57) L. J. Hayner u. A. W. Hull, Phys. Rev. **33**, 281, 1929.
58) A. W. Hull u. N. H. Williams, Phys. Rev. **25**, 147, 1925.
59) J. M. Hyatt u. H. A. Smith, Phys. Rev. **32**, 929, 1928.
60) H. Jams u. B. Salzberg, Proc. of the Inst. of Rad. Eng. **23**, 55, 1935.
61) A. Joffé, Zeitschr. f. Phys. **48**, 737, 1928.
62) S. Kalaschnikoff, Zeitschr. f. Phys. **69**, 380, 1931.
63) G. Kalckhoff, Zeitschr. f. Phys. **80**, 305, 1933.
64) O. Klemperer, Zeitschr. f. Phys. **47**, 417, 1928.
65) M. Knoll, Zeitschr. f. techn. Phys. **16**, 467, 1935.
66) R. Kollath, Ann. d. Phys. **27**, 721, 1936.
67) H. E. Krefft, Phys. Rev. **29**, 908, 1927.
68) H. E. Krefft, Journ. Frankl. Inst. **204**, 537, 1927.
69) H. E. Krefft, Ann. d. Phys. **84**, 639, 1927.
70) H. E. Krefft, Phys. Rev. **31**, 199, 1928.
71) H. W. Langenwalter, Ann. d. Phys. **24**, 273, 1935.
72) J. Laub, Ann. d. Phys. **23**, 285, 1907.
73) P. Lenard, Ann. d. Phys. **12**, 447, 1903.
74) P. Lenard, Ann. d. Phys. **15**, 485, 1904.
75) P. Lenard, Handbuch der Exp.-Physik. II.
76) L. Malter, Phys. Rev. **49**, 478, 1936.
77) L. Malter, Phys. Rev. **50**, 48, 1936.
78) E. B. Moullin, Proc. Roy. Soc. **147**, 100, 1934.
79) H. Müller, Zeitschr. f. Phys., im Druck.
80) H. V. Neher, Phys. Rev. **38**, 1321, 1931.
81) G. Nickel, Diss. Berlin 1922.
82) F. M. Penning u. A. A. Kruithof, Physica **2**, 793, 1935.
83) R. L. Petry, Phys. Rev. **26**, 346, 1925.
84) R. L. Petry, Phys. Rev. **28**, 362, 1926.
85) S. R. Rao, Proc. Roy. Soc. **128**, 41, 1930.
86) S. R. Rao, Proc. Roy. Soc. **128**, 57, 1930.
87) S. R. Rao, Curr. Sci. **2**, 93, 1933.
88) S. R. Rao, Proc. Roy. Soc. **139**, 436, 1933.
89) O. W. Richardson, Proc. Roy. Soc. **119**, 531, 1928.
90) O. W. Richardson, Proc. Roy. Soc. **128**, 63, 1930.
91) E. L. Rose, Phys. Rev. **25**, 883, 1925.
92) P. Roß, Diss. Aachen 1936.

1) Über Einzelheiten vgl. z. B. Urtel (114).

93) E. Rudberg, Proc. Roy. Soc. **127**, 111, 1930.
94) E. Rudberg, Phys. Rev. **50**, 138, 1936.
95) W. Schmidt, Diss. Berlin 1923.
96) B. F. J. Schonland, Proc. Roy. Soc. **104**, 235, 1923.
97) W. Seitz, Ann. d. Phys. **6**, 1, 1901.
98) C. F. Sharman, Proc. Cambr. Phil. Soc. **23**, 523, 1927.
99) K. Sixtus, Ann. d. Phys. **3**, 1017, 1929.
100) T. Soller, Phys. Rev. **36**, 1212, 1930.
101) H. Starke, Wied. Ann. **66**, 49, 1898.
102) H. Starke, Ann. d. Phys. **3**, 75, 1900.
103) K. H. Stehberger, Ann. d. Phys. **86**, 825, 1928.
104) H. Strübig, Physik. Zeitschr. **37**, 402, 1936.
105) O. Stuhlmann, Phys. Rev. **23**, 296, 1924.
106) O. Stuhlmann, Phys. Rev. **25**, 234, 1925.
107) P. Tartakowsky u. W. Kudrjawzewa, Zeitschr. f. Phys. **75**, 137, 1932.
108) J. T. Tate, Phys. Rev. **17**, 394, 1921.
109) P. W. Timofeew u. A. J. Pjatnitzki, Phys. Zeitschr. Sowjet **10**, 518, 1936.
110) Carl Tingwaldt, Zeitschr. f. Phys. **84**, 280, 1925.
111) L. R. S. Treolar, Nature **137**, 579, 1936.
112) J. C. Turnbull u. P. L. Copeland, Phys. Rev. **45**, 763, 1934.
113) E. Uredat, Diss. Berlin 1930.
114) R. Urtel, Zeitschr. f. Hochfrequenztechnik u. Elektroakustik **48**, 150, 1936.
115) R. Warnecke, Journ. Phys. Rad. **5**, 267, 1934.
116) R. Warnecke, Journ. Phys. Rad. **7**, 270, 1936.
117) R. Warnecke, Journ. Phys. Rad. **7**, 318, 1936.
118) A. Wehnelt, Zeitschr. f. Phys. **48**, 165, 1928.
119) A. Wehnelt, Erg. d. exakt. Naturw. Bd. IV, 417ff., 1928.
120) M. Weidner, Ann. d. Phys. **12**, 239, 1932.
121) G. Weiß, Fernsehen und Tonfilm, 41, 1936.
122) G. Weiß, Zeitschr. f. techn. Phys. **17**, 623, 1936.
123) D. A. Wells, Phil. Mag. **5**, 367, 1928.
124) M. Ziegler, Physica **2**, 415, 1935.
125) M. Ziegler, Physica **3**, 1, 1936.
126) M. Ziegler, Physica **3**, 307, 1936.
127) V. K. Zworykin, Journ. Inst. Electr. Eng. **173**, 442, 1933.
128) V. K. Zworykin, Zeitschr. f. Hochfrequenztechnik u. Elektroakustik **43**, 109, 1934.
129) V. K. Zworykin, Zeitschr. f. techn. Phys. **17**, 170, 1936.
130) V. K. Zworykin, G. A. Morton u. L. Malter, Proc. of the Inst. of Rad. Eng. **24**, 351, 1936.

Berlin-Reinickendorf, Forschungs-Institut der AEG.

(Eingegangen 16. Januar 1937.)

BESPRECHUNGEN.

Ulrich Retzow, Elektrotechnik und Witterung. 121 Seiten. Berlin 1936. Julius Springer. Preis RM 6.60.

Das Buch zerfällt in vier Abschnitte: Die luftelektrischen Erscheinungen der Erdatmosphäre, der Einfluß meteorologischer Elemente auf die Betriebstechnik, auf das Verhalten der Werkstoffe und auf die Meßtechnik. Der Verfasser behandelt ausgewählte Kapitel aus einem sehr vielgestaltigen Gebiet. Im Abschnitt 2 zum Beispiel: Freileitungen, Windmotoren und drahtlose Nachrichtenübermittlung, oder im Kapitel 4: Kugelfunkenstrecken, Thermoelemente und Manganinwiderstände, immer unter dem Gesichtspunkt des Einflusses der Witterung. Besonders ausführlich werden diejenigen Fragen behandelt, die mit Freileitungsbau zusammenhängen. Vielleicht ist es eine Folge der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der behandelten Gebiete, daß nicht an allen Stellen die Darstellung den Tatsachen völlig gerecht wird. Zum Beispiel besteht kein Zusammenhang zwischen dem Fading der Radiowellen und der Wolkenbildung.

„Der schaffende Ingenieur soll in den Ausführungen manche Erfahrung des eigenen Berufslebens bestätigt finden und mit neuen Anregungen verknüpfen können, während der heranwachsenden Generation durch die Darstellung gewonnener Erkenntnis die spätere Arbeit erleichtert werden soll."

K. Fränz.

Friedrich Becker, Am Fernrohr. Gr.-8°. 48 Seiten. Mit zahlreichen Karten u. Figuren. Bonn 1937. Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung. Kart. RM 2.—.

Die als Sonderdruck aus der Zeitschrift „Die Himmelswelt" (1936, 11/12) veröffentlichte zweite, neubearbeitete Auflage fällt vor allem durch eine sehr gute Ausstattung auf und kann auch als wesentlich übersichtlicher als die erste Auflage bezeichnet werden. Einleitend erhält der Leser einen kurzen Überblick über die Sternbilder, wobei vor allen Dingen Sterne mit Besonderheiten Erwähnung finden. Der sich anschließende zweite Abschnitt „Sterne 1. bis 4. Größe" ist auch für den Liebhaberastronomen sehr angenehm, weil die jeweils betrachteten Objekte auf der einen Seite in einer übersichtlichen Skizze und auf der anderen Seite hinsichtlich ihrer interessierenden Merkmale wie Größenklasse, Spektrum usw. tabellarisch zusammengefaßt sind. Aber auch die weiteren Kapitel „Doppelsterne", „Veränderliche Sterne", „Sternhaufen", „Nebel" können für den praktischen Gebrauch warm empfohlen werden. Sie zeichnen sich vor allem dadurch aus, daß in ihnen neben einer kurzen Erklärung jeweils nur die interessantesten Vertreter genannt werden, wodurch gerade der Laie nicht verwirrt wird. Der Verfasser erwähnt schließlich in seinem Büchlein auch noch „Die Milchstraße" in einem recht übersichtlichen Abschnitt und lenkt zuletzt den Blick des Lesers auf den Mond und einige große Planeten.

H. Friedrich.

Nachrichten.

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Budapest Ing. Chem. Dr. Zoltán B. Sólyom für Chemie der Gummifabrikation.

Ernannt: Der Dozent an der Technischen Hochschule Dresden Dr. Erich Manegold zum a. o. Professor für Kolloidchemie daselbst.

Ehrung: Dem Direktor des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Physik und ord. Professor der Experimentalphysik an der Universität Berlin Dr. Peter Debye wurde vom Franklin-Institute in Philadelphia die Franklin-Medaille verliehen.

Verantwortlicher Schriftleiter: Professor Dr. Dr. h. c. P. Debye, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag S. Hirzel, Leipzig C 1, Königstr. 2. — Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig. — DA. IV. Vj. 1936: 1400. — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 3. — Printed in Germany.

Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1936

Allgemeines.

Im Berichtsjahr sind folgende Beamte in den Ruhestand getreten: die Oberregierungsräte als Mitglieder Dr. Werner am 1. März 1936, Zimmermann am 1. September 1936, Dr. Thomas am 1. Oktober 1936 und Regierungsoberinspektor Wilke am 1. Februar 1937.

Oberregierungsrat als Mitglied Dr. C. Müller ist am 3. März 1936 gestorben.

Die Reichsanstalt war beteiligt an folgenden internationalen Versammlungen:

1. An der Feier des 80. Geburtstages von Nicola Tesla vom 28. bis 31. Mai in Belgrad (Präsident Stark).
2. Auf Einladung der Société Suisse de Chronométrie an deren Jahrestagung vom 29. bis 31. Mai 1936 (Oberregierungsrat Dr. Scheibe und Regierungsrat Dr. Keil). Dr. Scheibe hielt einen Vortrag über die Quarzuhren der Reichsanstalt, Dr. Keil über Beobachtungen an Taschen- und Armbanduhren.
3. An der XI. Vollversammlung des Comité Consultatif International Téléphonique vom 11. bis 20. Juni 1936 in Kopenhagen (Regierungsrat Dr. Grützmacher als Sachverständiger für Akustik).
4. Am Internationalen Kältekongreß im Haag vom 16. bis 21. Juni (Direktor Dr. Henning als Führer der Deutschen Abordnung). Dr. Henning hielt mehrere Vorträge über die Untersuchungen der Reichsanstalt auf dem Gebiete der tiefen Temperaturen.
5. Am Internationalen Chemie-Ingenieur-Kongreß der Weltkraftkonferenz in London vom 22. bis 27. Juni (Regierungsrat Dr. Erk). Dr. Erk erstattete einen Bericht über „Wärmeübergangsfragen in der chemischen Industrie".
6. Am Internationalen Glaskongreß in London, Oxford und Sheffield vom 2. bis 11. Juli (Regierungsrat Dr. Ebert).
7. An der 9. Tagung der Internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeranalyse vom 31. August bis 4. September 1936 in London (Regierungsrat Dr. Einsporn). Dr. Einsporn trug vor über den Hundertpunkt des Saccharimeters und über die Normung der Quarzkontrollplatten. –

Im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurde auf Anregung des Herrn Präsidenten, Prof. Dr. J. Stark, unter Mitwirkung der Deutschen Reichspost und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt die „Akustische Zeitschrift" ins Leben gerufen. Herausgeber und gleichzeitig Schriftleiter sind die Herren: Dr. Martin Grützmacher, Regierungsrat als Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, und Prof. Dr. Erwin Meyer vom Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule Berlin.

Von der Zeitschrift sind inzwischen 3 Hefte (Bd. 1 als halber Jahrgang) mit insgesamt 194 Seiten erschienen.

Um der wachsenden Bedeutung Rechnung zu tragen, die das Gebiet der Zahnradmessung und -tolerierung für den Automobil- und Werkzeugmaschinenbau und für die Wehrtechnik erlangt hat, wurde das Laboratorium für Zahnradprüfung neu geschaffen.

Präsidialabteilung.

1. **Wirkung des magnetischen Feldes auf die Polarisation der ruhenden und der bewegten Lichtemission von Kanalstrahlen.** (Stark, Ritschl, Bomke.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Anhang Nr. 18.)

2. **Intensitätsdissymmetrie im longitudinalen Starkeffekt der Balmerserie.** (Bomke.) Die Untersuchung wurde abgeschlossen und veröffentlicht. (Anhang Nr. 14.)

3. **Isotopieverschiebung im Neonspektrum.** (Ritschl, Schober.) Die Untersuchung des Starkeffektes der Neonlinien mit so hoher Auflösung, daß die Isotopieverdopplung der Linien berücksichtigt werden kann, ergab die Notwendigkeit, die Isotopieaufspaltung dieser Linien, die nur für wenige Linien des Spektrums gemessen war, bei möglichst allen zugänglichen Neonlinien zu bestimmen. Diese Untersuchung wurde durchgeführt und ergab die Möglichkeit, die Isotopieverschiebung der einzelnen Terme festzulegen. Die Versuche sind abgeschlossen und veröffentlicht. (Anhang Nr. 17.)

4. **Verspiegelung durch Verdampfung im Hochvakuum.** (Ritschl, Lesche.) Außer zahlreichen Versilberungen wurden nun auch Versuche mit Aluminium durchgeführt, die zu sehr gut reflektierenden, haltbaren Aluminiumspiegeln führten. Die Spiegel eignen sich bei richtiger Wahl der Durchlässigkeit sehr gut für Fabry-Perot-Interferometer im nahen Ultraviolett. Die Auflösung der Neonlinien konnte mit solchen Platten erzielt werden. In der Arbeit Anhang Nr. 17 sind Neon-Interferenzbilder reproduziert, aus denen die erreichte Streifenschärfe hervorgeht. Es wurden auch für andere Laboratorien bereits zahlreiche Verspiegelungen mit Aluminium ausgeführt.

5. **Gastarbeiten im Laboratorium des Präsidenten.** Als Gäste arbeiteten im Jahre 1936 Herr Präsident Paschen über das Indiumspektrum; Herr Dr. Gerö aus Budapest über Gitterspektren; Herr Dr. Schober aus Wien über Isotopieverschiebung im Neonspektrum; Herr Prof. Naudé aus Stellenbosch, Südafrika, über das Bandenspektrum von Antimon.

6. **Messungen an Atomstrahlen im elektrischen Feld.** (Stark, Scheffers.) Für Messungen an Sauerstoffatomstrahlen im elektrischen Feld wurden die notwendigen Vorversuche durchgeführt. In Manganchlorür und Eisenchlorür wurden besonders empfindliche Indikatoren gefunden, während zur Erzielung genügender Strahlintensität der erste Spalt unmittelbar am Entladungsrohr anzubringen ist. Die Versuche werden fortgesetzt.

7. **Kernumwandlung mit künstlich beschleunigten Ionen.** (Fränz, Weiß, Westmeyer.) Die 70-kV-Anlage, die als Protonenquelle einen im Laboratorium entwickelten Niederspannungsbogen enthält, wurde in Betrieb genommen, nachdem es gelungen war, die Quelle so zu verbessern, daß sie stationäre Protonenströme liefert. Um die Anordnung zu erproben, wurde die bekannte Umwandlung des Lithiums durch Protonen untersucht. Die bei der Umwandlung emittierten α-Teilchen von 8,4 cm Reichweite wurden beobachtet, die Ausbeute entsprach etwa den Erwartungen. Schwierigkeiten ergaben sich durch die unerwartet hohe Emission von Sekundärelektronen, auch wenn als Auffänger ein Faradaykäfig benutzt wurde. Die Elektronen liefen aus dem Faradaykäfig in einem engen Bündel, entgegen der Richtung des Ionenstrahls, durch den Beschleunigungsraum bis in den Bogenraum. Sie bewirkten, wahrscheinlich durch Verringerung des Kathodenfalls, eine Zunahme des Bogenstroms. Durch diesen Rückkopplungseffekt war ein stabiler Betrieb unmöglich, weil durch fortgesetzte Zunahme aller Ströme schnell eine Überlastung der Apparatur eintrat. Die Sekundärelektronen konnten durch ein Magnetfeld senkrecht zum Strahlengang unschädlich gemacht werden. Sehr störend war es weiterhin, daß durch die hohe Kanalstrahlintensität die bombardierten Schichten (LiF, Schmelzpunkt 800°) trotz Kühlung der Unterlage schmolzen, wodurch das Vakuum bald so schlecht wurde, daß sich die Beschleunigungsspannung nicht aufrechterhalten ließ. Zur Abhilfe wurde eine weitere Pumpstufe eingebaut. Versuche mit Deuteronen sollen demnächst begonnen werden.

Für die 200-kV-Anlage wurde als Protonenquelle ein neues Kanalstrahlrohr gebaut, das wesentlich höhere Spannungen als das alte aushält (bis 50 kV) und dabei einen Ionenstrom von 0,5 mA und mehr bei niedrigerem Druck im Entladungsraum und engerem Kanal ergab. Infolgedessen wird sich ein höheres Vakuum in dem Nachbeschleunigungsrohr erreichen lassen, in das die Protonenquelle jetzt eingebaut werden soll.

8. **Verstärker für Zähler.** (Fränz, Westmeyer.) Mehrere Verstärker und Thyratronzählrelais wurden verbessert bzw. neuhergestellt. Bei einem Verstärker für Proportionalzähler mit zwei Schirmgitterstufen wurde dafür gesorgt, daß er die hohen Frequenzen zwischen 5000 und 18000 Hz gut verstärkte, wobei die Frequenzprüfeinrichtungen des Strahlungslaboratoriums gute Dienste leisteten. Mit diesem Verstärker und einem Kathodenstrahloszillographen werden die α- und H-Strahlenausschläge besser von der $\beta\gamma$-Unruhe getrennt als früher.

9. **Radiumstandard.** (Fränz, Görke, Wauschkun, Zacher.) Der alte sekundäre Radiumstandard der Reichsanstalt, der im Jahre 1912 an die internationalen Standards in Paris und Wien angeschlossen worden war, wurde durch Gammastrahlenmessungen an den beiden Prüfinstrumenten des Laboratoriums mit dem 1935 erworbenen primären Standard verglichen. Bisher wurden etwa 120 Messungen ausgeführt, deren jede aus 16 Einzelablesungen bestand. Aus diesen Messungen ergibt sich der Radiumgehalt des alten Standards um 0,3 v. H. kleiner, als sich aus dem Anschlußwert

von 1912 und der Zerfallskonstante des Radiums von $0{,}436 \cdot 10^{-3}\, a^{-1}$ errechnet. Abweichungen von dieser Größe sind auch zwischen den Wiener und Pariser Standardmessungen von 1912 aufgetreten. Die Messungen sollen, vor allem auch nach einem neuen Meßverfahren, fortgesetzt werden.

10. **Radioaktive Prüfungen.** (Fränz.) Frühere Versuche zur Verbesserung der Prüfmethoden (vgl. Tätigkeitsbericht 1933, Nr. 13) wurden wieder aufgenommen. Die neue Meßanordnung soll die Prüfung konzentrierter, röhrenförmiger Präparate, die Hauptmenge der Prüfungen, vereinfachen und abkürzen, ohne an Genauigkeit einzubüßen. Die Ionisationskammer wurde in der Werkstatt des Laboratoriums angefertigt.

11. **Ultraschallabsorption.** (Beuthe, Sörensen.) Im Verlauf der Arbeit zur Bestimmung der Ultraschallabsorption in gasförmigen Medien wurden Sende- und Empfangseinrichtungen entwickelt und gebaut, dann die Absorption für verschiedene Schallfrequenzen durchgemessen.

12. **Faserstoffe.** (Beuthe, Sörensen.) Die Arbeit über die Veredelung von Kunstfaserstoffen wurde durch den Bau von hierfür geeigneten Magnetostriktionssendern weitergeführt.

13. **Untersuchungen an Emulsionen.** (Beuthe, Sörensen.) Die Versuche zur Herstellung technischer Emulsionen mittels Ultraschall wurden fortgesetzt.

14. **Lumineszenz von ultraschallbeschicktem Wasser.** (Beuthe, Sörensen.) Versuche zur Klärung der Lumineszenz von ultraschallbeschicktem Wasser wurden eingeleitet.

15. **Deutscher Akustischer Ausschuß.** (Grützmacher.) Am 29. Mai 1936 trat in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erstmalig der Deutsche Akustische Ausschuß zur Bearbeitung von Fragen der Definition, Benennung und Messung akustischer Größen zusammen.

In dem Ausschuß sind außer der Reichsanstalt vertreten: das Heereswaffenamt, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, das Reichspostzentralamt, das Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule Berlin, der Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen und der Fachausschuß für Lärmminderung beim VDI.

16. **Untersuchung und Prüfung von Stimmgabeln und Stimmgabelgeneratoren.** (Grützmacher, Voigt.) Die zur Untersuchung und Eichung von Stimmgabeln, Stimmgabelgeneratoren und anderen Apparaten entwickelte Lichtsirenenmethode wurde besonders für tiefe Frequenzen von 0–100 Hz ausgebaut.

Zur Untersuchung der Temperaturabhängigkeit von Stimmgabeln, Stimmgabelgeneratoren, Frequenzmessern und anderen Apparaten wurde eine Meßkammer mit einem nutzbaren Volumen von etwa $24 \times 25 \times 40\,\mathrm{cm}^3$ hergestellt, in der sich Temperaturen im Bereich von -25° C bis $+100^\circ$ C erzeugen lassen. Auch können in der Meßkammer Untersuchungen in Abhängigkeit vom Druck, von der Feuchtigkeit und von der Gasfüllung ausgeführt werden.

17. **Musikalisch-akustische Untersuchungen.** (Grützmacher, Lottermoser.) Die Messungen an Flügeln wurden fortgesetzt, wobei hauptsächlich an Instrumenten von G. Bechstein, Berlin, die Lautstärkeabklingkurven der Einzeltöne, Schwingungszustände und Abstrahlungseigenschaften der Resonanzböden untersucht wurden. (Vgl. Anhang Nr. 15.)

Die Entwicklung eines direkt schreibenden Klanganalysiergeräts wurde begonnen. In Zusammenarbeit mit der Orgelbauanstalt A. Schuke, Potsdam, wurde das auch wirtschaftlich interessierende Problem der Beeinflussung des Klanges von Orgelpfeifen durch verschiedene Materialien seiner Lösung nähergebracht. Für das Englische Seminar der Universität Berlin wurden Oszillogramme gesprochener englischer Sätze zur fremdsprachlichen Lautforschung aufgenommen.

18. **Schallaufzeichnung.** (Voigt.) Zur Durchführung von Schallaufzeichnungen wurde die Aufnahme auf Tonfolien näher untersucht.

19. **Prüfeinrichtungen für Mikrophone und Übertragungsanlagen.** (Grützmacher, H. Kösters, Thienhaus.) Ein Kondensatormeßmikrophon wurde entworfen und in mehreren Stücken in der Werkstatt der Akustischen Laboratorien gebaut.

Zur Aufnahme schnellveränderlicher Schallvorgänge mit dem Braunschen Rohr wurde eine Kamera mit Ablaufkassette entwickelt.

Mit dem Bau mehrerer Verstärker, die im Bereich von 16–20000 Hz geradlinig arbeiten, wurde begonnen.

Die für Untersuchungen von Schallübertragungsanlagen vorgesehenen Räume im Erdgeschoß des Gebäudes Franklinstraße 22 wurden neu eingerichtet. In den Musikraum wurden ein großes Lautsprechergestell nebst Kabelkanal, Holzverkleidungen, Türvorhänge und eine Anlage zur Verdunkelung eingebaut. Die Eigenschaften des Musikraumes wurden an Hand von Nachhall-, Richtungsdiagramm- und Störpegelmessungen ermittelt. Als Ergänzung zu der Übertragungsanlage wurde ein Schallplattenschrank mit zwei Plattenspielern und entzerrten Tonabnehmern und ein Tonfilmprojektor neuester Bauart aufgestellt.

20. Geräuschmessung. (Grützmacher, H. Kösters.) Als Grundlage für die Herstellung von Geräuschmessern wurden in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Akustischen Ausschuß Richtlinien für Geräuschmesser ausgearbeitet und veröffentlicht. Die Einrichtungen zur Prüfung der Geräuschmesser auf Einhaltung dieser Bedingungen wurden weiter ausgebaut.

Zur Vorbereitung einer zwischenstaatlichen Einigung über die Richtlinien für Geräuschmesser wurde ein amerikanisches Gerät, das den dortigen Bedingungen entsprach, eingehend mit deutschen Geräuschmessern verglichen.

Die im Auftrage des Reichs- und Preußischen Verkehrsministers durchgeführten Arbeiten zur Prüfung und Entwicklung von Verkehrsgeräuschmessern konnten abgeschlossen werden. Als Ergebnis der Versuche wurden zwei Geräuschmesser, darunter ein in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entwickeltes Gerät, zur Einführung empfohlen.

Mehrere Schalldämpfer für Motorräder wurden auf Leistungsverlust und Schalldämpfung untersucht.

21. Erschütterungsmessungen. (Grützmacher, v. Schmidt, Meister.) Es wurde ein Schütteltisch für vertikale Erschütterungen gebaut, der Amplituden von 0—2 mm und Frequenzen von 0—30 Hz einzustellen gestattet.

Es wurden Hilfsapparate entwickelt, die für die Prüfung von Erschütterungsmessern notwendig sind (Röhrensummer für tiefe Frequenzen 0—50 Hz, elektrisches Filter, dreifacher Gleichstromverstärker für 0—10000 Hz).

Weiter wurde eine Apparatur fertiggestellt, die die im fahrenden Auto auftretenden Erschütterungen (Beschleunigungswerte) entweder gleichzeitig in drei Komponenten oder gleichzeitig an drei Stellen des Wagens zu registrieren gestattet.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft konnte für diese Versuche ein Meßwagen angeschafft werden, der mit Verdunklungsvorrichtung, Laboratoriumstischen, 12 V Gleichspannung und 220 V Wechselspannung ausgerüstet wurde.

Auf Wunsch der Marineneubauverwaltung Kiel wurden dort Bodenerschütterungen gemessen, die durch Sprengungen verursacht waren.

22. Elastische Eigenschaften von Festkörpern. (Goens.) Ein Normaltonsender wurde neu aufgestellt und geeicht. Als Vorbereitung zur Untersuchung des Einflusses von Umwandlungsvorgängen auf die elastischen Eigenschaften von Legierungen wurden Versuche zur Anregung und Messung verschiedener Eigenschwingungsformen von Metallstäben auf elektrostatischem Wege angestellt. Die Ergebnisse befriedigten bisher nur teilweise.

23. Prüfung von Leitspindeln. (Lehmann.) Die vorgenommenen Untersuchungen haben ergeben, daß das Komparatorprinzip die gesteigerten Anforderungen an die Prüfungsgenauigkeit von Leitspindeln erfüllt. Mit Hilfe eines bereits beschafften Maßstabes und unter Verwendung eines zu diesem Zwecke umgebauten Komparators mit neuen Mikroskopen wurde eine Meßeinrichtung konstruiert und aufgestellt, die es gestattet, nun auch Leitspindeln größerer Länge (bis 5 m) mit der für die Industrie notwendigen Meßgenauigkeit zu prüfen. Außerdem wurde der Meßraum mit selbsttätiger Temperaturregelung ausgestattet.

24. Gewindemessungen. (Lehmann.) Durch die Beschaffung eines Universalmeßmikroskopes von der Firma Zeiß konnten Flankendurchmesser, Flankenwinkel und Steigung von zylindrischen und kegeligen Gewinden mit der erforderlichen Genauigkeit nach der optischen Methode geprüft werden. Für dieses Meßgerät wurden Zusatzeinrichtungen gebaut, die es ermöglichen, auch mehrgängige und steilgängige Gewinde zu prüfen, sowie Mikroaufnahmen des Achsschnittes herzustellen, um die Güte der Gewindeflanken zu untersuchen.

25. Futterrohrgewindelehren deutscher Normung. (Lehmann.) Die im Jahre 1932 begonnenen Arbeiten zur Schaffung deutscher Normen für Erdölbohrungen nach dem Drehbohrverfahren konnten im März auf einer Sitzung in Berlin abgeschlossen werden, an welcher außer der Reichsanstalt der Deutsche Normenausschuß, der Fachnormenausschuß für Tiefbohrtechnik und der Röhrenverband teilnahmen. Die DIN-Blätter sind im August erschienen, und es ist darin festgelegt, daß jeder Hersteller von Gewinden an Futterrohren (Bohrrohren) mit dem DIN-Gütezeichen seine Gewindelehren von der Reichsanstalt (Abnahmebehörde) prüfen und mit dem DIN-Zeichen stempeln lassen muß. Die für diese Prüfung notwendigen Meßeinrichtungen sind fertiggestellt und in Benutzung genommen worden.

26. A.P.I.-Gewinde-Urlehren. (Lehmann.) In diesem Berichtsjahr konnten erstmalig A.P.I.- (American Petroleum Institute-) Full-hole Tooljoint-Gewindelehren für die Deutsche Bohrgeräteindustrie geprüft und mit dem A.P.I.-Monogramm gestempelt werden. Diese bisher nur in Amerika mögliche Prüfung erfolgte durch direkte Messung aller Bestimmungsgrößen und durch

Verschraubung der Lehren mit den von der Firma Pratt und Whitney gelieferten A.P.I.-Urlehren (Regional Master Gages), die an die Grand Master Gages des Bureau of Standards in Washington angeschlossen sind.

27. **Prüfungseinrichtungen für Zahnräder.** (Bürger.) Zum Teilungsprüfgerät von Zeiß wurden weitere Zusatzeinrichtungen für die Messung der wirksamen Zahndicke und Lückenweite sowie der Kreisteilung gebaut. Mit der Entwicklung eines Gerätes zur direkten Prüfung der Winkelteilung an Zahnrädern wurde begonnen. Die Prüftätigkeit für die Industrie konnte gegen Ende des Berichtsjahres aufgenommen werden.

28. **Untersuchung verschiedener Zahnradprüfmethoden.** (Bürger.) Nach kritischer Durcharbeitung der Rechengrundlagen wurden die gebräuchlichen Absolutmeßmethoden für Zahndicke und Lückenweite erprobt, besonders hinsichtlich ihrer praktischen und wirtschaftlichen Verwendbarkeit im Laboratorium und im Betrieb. Eine Veröffentlichung ist vorbereitet.

29. **Vorarbeiten für die Zahnradtolerierung.** (Bürger.)

a) Eine größere Anzahl von nach verschiedenen Verfahren verfertigten Zahnrädern wurde hinsichtlich Schlag, Teilung und Zahndicke geprüft, um zahlenmäßige Unterlagen für die erreichbare Herstellungsgenauigkeit zu gewinnen.

b) Auf mehreren Sitzungen des neugegründeten Unterausschusses für Meßfragen bei Zahnrädern der Fachgruppe Werkzeugmaschinen wurden unter Mitwirkung der Reichsanstalt einheitliche Bezeichnungen für Zahnräder ausgearbeitet. Die Ergebnisse sind zusammengefaßt in einem im Oktober 1936 von der Fachgruppe herausgegebenen Merkblatt „Grundbegriffe für Fehler und Toleranzen bei Stirnrädern mit geraden und schrägen Zähnen mit Evolventenverzahnung".

30. **Schutzpendel.** (Rieckmann.) Die wegen anderer Aufgaben längere Zeit unterbrochenen Arbeiten wurden wieder aufgenommen.

31. **Zeitmessung bei den Olympischen Spielen.** (Keil, Rieckmann, Hild.) Nach den 1935 durchgeführten Versuchen mit einem Gerät zur objektiven Zeitmessung bei Kurzstreckenwettbewerben wurden gemeinsam mit der Firma Zeiß-Ikon AG., Dresden, zwei Stück der im letzten Bericht beschriebenen Stereo-Zielzeitlupen fertiggestellt. In der Hauptwerkstatt wurden die dazugehörenden Zeitzählwerke, Schalttafeln, Startrevolver und eine Signalanlage gebaut. Der Aufbau des Zeitzählwerkes wurde neu entworfen und in wesentlichen Punkten umgestaltet. Auf Wunsch des Olympischen Organisationskomitees hat das Laboratorium den Einsatz des Gerätes bei den Olympischen Spielen geleitet. Das Gerät, zu dessen Bedienung die Firma Zeiß-Ikon technisches Personal stellte, und für das die I.G.-Farbenindustrie einen besonderen Schnellumkehrfilm geschaffen hatte, hat sich in jeder Hinsicht bewährt. Durchschnittlich 12,5 Minuten nach dem Ende des Wettbewerbes konnten die Zielzeitlupenaufnahmen in räumlicher Projektion mit Hilfe der Zeiß-Polarisationsfilter dem Kampfgericht vorgeführt und zugleich ausgewertet werden.

Für das Olympische Organisationskomitee wurden 106 Stoppuhren geprüft, von denen 20 Stück während der leichtathletischen Veranstaltungen der Spiele an jedem zweiten Tag nachgeprüft wurden.

32. **Stoppuhrprüfgerät.** (Rieckmann.) Für die Stoppuhrprüfung wurde ein verbessertes Prüfgerät benutzt. Die neue Bauart sieht die Erhaltung des mechanischen Schwerpunktes vor, wodurch vermieden wird, daß den Stoppuhren ein zusätzlicher Impuls erteilt wird.

33. **Gerät zur Erzeugung genauen Wechselstroms.** (Rieckmann.) Das Gerät besteht aus einem Umrichter zur Erzeugung der Leistung, die zum Antrieb von Motoren — Zeitmotor der Olympia-Zielzeitlupe — ausreicht, aus einem Stimmgabelgerät zur Frequenzvervielfachung 1:25 in einer Stufe und einem Kontaktchronometer. Der Chronometerkontakt benutzt unmittelbar die Gangfeder, so daß keinerlei Beeinflussung des Ganges durch den Kontakt eintreten kann.

34. **Untersuchungen an Taschen- und Armbanduhren.** (Hild, Keil.) Die Untersuchungen wurden fortgesetzt, wobei in letzter Zeit die von Siemens nach Vorschlägen von Straumann entwickelte Zeitwaage zur Verfügung stand. Die Untersuchungen erstreckten sich auf das Verhalten an getragenen Taschenuhren auf längere Tragezeiten und auf die Beziehungen zwischen Gang und Gangschwankungen. Die Beobachtungen an Armbanduhren wurden abgeschlossen und zur Veröffentlichung, die in Kürze bevorsteht, bearbeitet. Als Grundlage zur Veredelung von Taschenuhren der Reihenherstellung wurden 20 vom Reichsinnungsverband des Uhrmacherhandwerks für die Veredelung vorgesehene Taschenuhren untersucht.

35. **Untersuchungen an Stoppuhren.** (Hild.) Es wurde nach den Erfahrungen bei der Prüfung der Stoppuhren für die Olympischen Spiele mit Untersuchungen begonnen, die die Fehlermöglichkeiten bei Stoppuhren erfassen.

36. Abgrenzung der Begriffe, die die Leistung von Uhren kennzeichnen. (Hild.) Eine Arbeit, in der die Bedeutung der in der astronomischen und technischen Zeitmessung gebräuchlichen Begriffe zur Kennzeichnung der Leistungen von Uhren untersucht wird, befindet sich vor dem Abschluß.

37. Uhrentechnische Beratung. (Keil, Rieckmann, Hild.) Die Beratung amtlicher und privater Stellen in zeitmeßtechnischen Fragen hat erneut zugenommen und zum Teil Entwicklungsaufgaben gestellt, die in Angriff genommen worden sind.

38. Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte. (Keil, Rieckmann, Lob.) Nach Ablauf der Übergangszeit, in der Spieleinrichtungen mit Gutscheinausgabe aufgestellt werden konnten, ging die Nachfrage nach mechanisch betriebenen Spieleinrichtungen, die nach dem § 33d der Gewerbeordnung zugelassen werden können, weiter zurück, da der Warengewinn dem Spieler keinen genügenden Anreiz zum Spielen bietet, und daher die Ertragsfähigkeit derartiger Spieleinrichtungen in Frage gestellt worden ist. Dementsprechend ging auch die Zahl der Zulassungsanträge gegenüber dem vorigen Jahre erheblich zurück.

Es fanden außer mehreren Sitzungen nach § 2 Abs. 2 der Verordnung verschiedene Besprechungen über die Lage des durch die Verordnung geregelten Gebiets der mechanisch betriebenen Spiele mit den Sachbearbeitern der Reichsministerien und der Fachschaft statt. Die Aussprache ist zur Zeit noch nicht abgeschlossen.

39. Untersuchungen an Glas. (Tepohl.) Die Arbeiten zur Festlegung einer Prüfungsmethode für die Widerstandsfähigkeit von Glas (als Werkstoff) gegen schroffen Temperaturwechsel wurden fortgesetzt. Es zeigte sich, daß solche Prüfungen an Stabstücken gleicher Form (30 mm lang, 6 mm Durchmesser) eine gut reproduzierbare „Abschreckfestigkeit" ergeben. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft wurden Ergebnisse mit anderen Laboratorien ausgetauscht.

40. Untersuchungen an Metallen. (Scharnow.) Zur Ausführung metallkundlicher Untersuchungen wurde ein Vakuumofen mit Widerstandsheizung in Betrieb genommen, welcher zur Untersuchung der kobaltreichen Seite des Systems Kobalt-Kupfer benutzt wurde. Durch physikalische Untersuchung der erschmolzenen Legierungen wurde festgestellt, daß die Mischungslücke im festen Zustand bei Zimmertemperatur bei etwa 9,8 v. H. Kupfer liegt.

41. Untersuchungen an Torf- und Mineralproben. (Tepohl, Scharnow, Wiegel.) In mehreren Torfaschen und Mineralien wurde der Metallgehalt angereichert und mit Hilfe der Röntgenspektrographie qualitativ und quantitativ bestimmt.

Mehrere Sorten von Torf wurden zur Bestimmung der Bitumina mit verschiedenen Lösungsmitteln ausgezogen.

Der Wassergehalt roher Torfproben wurde durch Zentrifugieren festgestellt. Ferner wurde durch Schlämmen und Zentrifugieren aus sandartigen Mineralien der Schwermetallgehalt abgetrennt.

42. Analytische Röntgenspektrographie. (Beuthe, Tepohl.) Zur Unterstützung der Arbeiten des Chemischen Laboratoriums wurden zur Erledigung von Prüfungsanträgen sowie für Forschungsarbeiten zahlreiche Röntgenspektrogramme aufgenommen und qualitativ und quantitativ ausgewertet. Ferner wurden 10 Strukturaufnahmen von Stärkederivaten gemacht.

43. Organisch-chemische Arbeiten. (Wiegel.) In Verfolg organisch-kolloidchemischer Untersuchungen an Stärke wurde eine neue einfache Methode zur Herstellung kristalliner Amylo-amylose gefunden und ausgearbeitet. Auf Grund von Röntgendiagrammen mit Hilfe einer Strukturkamera spezieller Bauart konnte der definierte kristalline Charakter des neuen Präparates eindeutig nachgewiesen und der Unterschied in der Kristallstruktur des neuen Stoffes gegenüber der der gewöhnlichen nativen Stärke exakt belegt werden. Es wurden die kolloidchemischen Eigenschaften der Strömungsanisotropie zeigenden Kolloidsysteme in verschiedener Richtung untersucht.

44. Latentes Bild. (Meidinger.) Die Untersuchungen über die topographische Verteilung des photolytisch gebildeten Silbers am Bromsilberkorn wurden fortgesetzt. An vier Versuchsemulsionen und einer technischen Emulsion (Agfa-DD-Film) wurde (neben den S-Kurven) bestimmt:

1. Die Korngrößenverteilung (Kornzahl pro cm^2 Schicht, mittlere Kornmasse, Durchmesser der Kornprojektionen und Oberfläche pro g $AgBr$).
2. Absorption und Reflexion der Schichten für $\lambda = 436\,m\mu$ (im Laboratorium für Photometrie).
3. Der Einfluß der NO_2^--Konzentration in der Schicht auf die Solarisation.
4. Das photolytisch gebildete Silber, und zwar als Gesamtsilber, als Oberflächensilber (d. i. das von der Oberfläche der Körner durch Chromsäure weglösbare Silber) und als Innensilber (d. i. das im Innern der $AgBr$-Kristalle gebildete, nicht durch Chromsäure weglösbare Silber).

Hierbei wurden variiert:

a) Der Wässerungsgrad der Emulsionen.
b) Die Belichtungszeiten.
c) Die Akzeptorkonzentration in der Schicht (NO_2^1).
d) Die Belichtungsintensitäten (Vorversuche).

Die Resultate sollen in nächster Zeit veröffentlicht werden. Die in Vorversuchen (vgl. *d*) nachgewiesene Abhängigkeit der photolytisch gebildeten Gesamtsilbermenge von der Intensität der auffallenden Strahlung (bei gleichen $I \cdot t$) läßt die Weiterführung der Versuche in der eingeschlagenen Richtung wünschenswert erscheinen (topographische Verteilung des Silbers bei verschiedenen Intensitäten, in sensibilisierten Schichten, bei desensibilisierten Schichten).

45. **Sensitometrie.** (Meidinger.) Mit dem Ausschuß für Sensitometrie der Deutschen Gesellschaft für photographische Forschung wurde weiter zusammengearbeitet zur Schaffung normungsmäßiger Prüfmethoden photographischer Präparate (Gelbempfindlichkeit, Empfindlichkeit der Papiere, Körnigkeit, DIN-Empfindlichkeit bei Feinkornentwicklung).

46. **Reibungsmessungen an Schmierölen.** (V. Vieweg, Kluge, Maske.) Zur vergleichenden Untersuchung verschiedener Öle wurde ein neues Verfahren ausgearbeitet, bei dem die Reibungsleistung elektrokalorimetrisch gemessen wird. Das Verfahren ist besonders in dem Schmierzustand anwendbar, wo ein hydrodynamischer, durch die Zähigkeit bedingter Ölfilm nicht wirksam ist, und wo alle bisher bekannten Reibungsmessungen versagen. Außer der Reibungsleistung gibt das neue Verfahren unmittelbar die Temperatur in der Schmierschicht. Diese kann nach den vorliegenden Versuchsergebnissen erheblich von der Temperatur der Umgebung (Lagerflächen) abweichen. Nähere Einzelheiten über das neue Verfahren werden in einer demnächst erscheinenden Arbeit mitgeteilt. Weiterhin wurden Paralleluntersuchungen an einer kleinen selbstgebauten Ölprüfmaschine durchgeführt.

47. **Feinstbearbeitung und Vorbehandlung von Reibungsflächen.** (Bochmann.) Um geeignete Unterlagen für reproduzierbare Reibungsmessungen an verschiedenen Lagerbaustoffen zu gewinnen, wurde der Einfluß des Bearbeitungszustandes der Reibungsflächen auf die Reibung untersucht. Abschließende Versuchsergebnisse hierüber liegen noch nicht vor.

48. **Elektrische Untersuchungen an dünnen Ölschichten.** (V. Vieweg, Kluge, Maske.) Die Untersuchungsergebnisse über den Gleichrichtereffekt an geschmierten Metallflächen (Lager) konnten durch Messungen an ruhenden Ölschichten verschiedener, definiert einstellbarer Dicke bestätigt werden. Hiernach erhält der gleichgerichtete Strom seine Energie aus dem der Ölschicht aufgedrückten Wechselstrom. Bei konstantem Wechselstrom nimmt der gleichgerichtete Strom mit wachsender Schichtdicke zu, erreicht ein Maximum und nimmt schließlich wieder ab. Er ist also ein empfindlicher Schichtdickenindikator für Untersuchungen an geschmierten Metallflächen. Die Untersuchungen des Gleichrichtereffektes an dünnen Ölschichten wurden durch Messungen des Phasenwinkels ergänzt. Hierfür wurde ein Verfahren größerer Empfindlichkeit entwickelt, bei dem eine Braunsche Röhre über einen Verstärker durch den Strom und die Spannung an der untersuchten Ölschicht angesteuert wird.

49. **Adsorptionsmessungen an Ölen.** (Tiedemann.) Die Versuche zur Bestimmung von an Metallflächen adsorbierten Ölschichten wurden abgeschlossen. Mit den zur Zeit vorhandenen Versuchseinrichtungen konnte eine adsorbierte Ölschicht in der vermuteten Größenordnung nicht nachgewiesen werden. (Vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 40*c*.)

50. **Hauptwerkstatt.** (Keil.)

a) Erneuerung und Ausrüstung. Es konnten eine größere Universalfräsbank und eine Flächenschleifmaschine angeschafft werden.

b) Herstellung von Apparaten. An größeren Arbeiten wurden u. a. fertiggestellt:
2 Zeitzählwerke verbesserter Bauart für die Olympiakamera,
4 Kontakteinrichtungen für Startrevolver zur Olympiakamera,
2 Schalttafeln zur Olympiakamera,
1 chronometergesteuertes Gerät zur Erzeugung genauen Wechselstroms,
1 Strahlungspyrometer,
1 Beleuchtungseinrichtung für ein König-Martens-Spektralphotometer, mehrere Spulen mit Bandwicklung für die Stromwaage, 2 Stoppuhrprüfgeräte,
1 kleines Thermostatengehäuse für eine Beobachtungsuhr,
1 Kleinstthermograph.

c) Im Bau befinden sich: Mehrere vakuumdichte Ventile neuerer Bauart, mehrere Düsen großen Querschnitts für Strömungsmessungen, ein Triebwerk zu einer Kugelfunkenstrecke, ein Zeitzählwerk.

d) An kleineren Arbeiten wurden ausgeführt: Verschiedene Teilarbeiten zur Stromwaage — eine neue Feinstelleinrichtung zur Bestimmung von Spulenkonstanten — und für die Normalohmbestimmung, eine einfache optische Bank, mehrere Scheiben zu einem rotierenden Sektor, eine große Anzahl von Reparaturen an Meßgeräten und zahlreiche Gravierungen und Stempelungen.

51. **Prüftätigkeit der Präsidialabteilung.**

Laboratorium für Radioaktivität.

108 (125) Radiumpräparate	}	im ganzen äquivalent 1715 (2063) mg *Ra*,
11 (23) Mesothorpräparate		
5 (1) Radiumpräparate auf Mesothorfreiheit,		
3 (3) Radiumpräparate nur auf Emanationsdichtigkeit,		
23 (30) radioaktive Materialien (Erze u. a.),		
0 (2) radioaktive Materialien auf Mesothorfreiheit,		
1 (3) Kompressen,		
5 (2) Emanatoren,		
4 (2) pharmazeutische Präparate,		
42 (33) Normal-Radiumlösungen wurden abgegeben.		

Laboratorium für Akustik.

14 (25) Stimmgabeln im Bereich von 60—4500 Hz,	
10 (0) a-Gabeln,	
6 (2) beglaubigte Kammertongabeln,	
62 (9) Oszillographengabeln,	
14 (3) Stimmgabelgeneratoren und -zeitmarkengeber,	
2 (0) Zungenfrequenzmesser,	
1 (0) Lichtschleuse für Tonfilmaufnahmeapparat,	
1 (0) Grammophonplattenspieler,	
3 (2) Geräuschmesser,	
2 (2) Autohupen,	
4 (0) Luftschutzsirenen,	
4 (0) Schalldämpfer,	
1 (0) Kappe für Kraftfahrer,	
3 (1) Schalldruckmesser,	
5 (1) Kondensatormikrophone,	
2 (0) Bändchenmikrophone,	
1 (1) Kristallmikrophon,	
1 (7) Kohlemikrophon,	
1 (1) Messung von Bodenerschütterungen in Kiel im Auftrage der Marineneubauverwaltung,	
2 (0) Oszillogrammaufnahmen.	

Laboratorium für Feinmechanik.

29 (24)	Leitspindeln,	8 (2)	Grenzlehrdorne,
2 (0)	Probespindeln,	3 (4)	Grenzrachenlehren,
21 (24)	zylindrische Gewindelehrdorne,	2 (4)	Kegellehrdorne,
2 (0)	Trapezgewindelehrdorne,	1 (0)	Urkegeldorn,
1 (2)	zylindrischer Gewindelehrring,	8 (0)	Sphärometerringe,
11 (5)	Gewindestücke,	3 (0)	Meßuhren,
65 (66)	A.P.I.-Gewindelehrdorne,	40 (0)	Bleikugeln,
65 (66)	A.P.I.-Gewindelehrringe,	1 (0)	Kapillare,
7 (0)	Verschraubungen von A.P.I.-Lehren,	2 (0)	Flugmotorenkolben.
10 (0)	A.P.I.-Gewindeschablonen,		

Außerdem wurden für die Laboratorien der Reichsanstalt Messungen der verschiedensten Art ausgeführt.

Laboratorium für uhrentechnische Versuche.

4 (0) Schaltuhren,
112 (10) Stoppuhren,
1 (1) Kurz-Zeitmesser,
1 (0) Hippsche Uhr.

Für Laboratorien der Reichsanstalt wurden mehrere Stoppuhren geprüft und neu fein eingestellt.

Laboratorium für die Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte.

Nach der Verordnung zur Durchführung des § 33d Abs. 2 der Gewerbeordnung vom 22. Mai 1935 (Reichsgesetzbl. I S. 683, 1935) wurden 13 (37) mechanisch betriebene Spielgeräte geprüft, davon wurden 4 Geräte einer Vorprüfung unterzogen.

Es wurden nach § 2 der Verordnung zugelassen:

4 (2) Ausspielgeräte,
0 (1) Fingerschlaggerät,
2 (1) Kugelschlaggeräte,
1 (1) Kugelfanggerät,
1 (0) sonstiges Spielgerät.

1 (14) Geräte wurden abgelehnt. Nach § 7 wurden 30 (113) Zulassungszeichen erteilt, davon waren 5 für Geräte bestimmt, die nach § 10 Abs. 1 der Verordnung bei öffentlichen Veranstaltungen zugelassen waren.

In zwei Fällen wurde der Zulassungsschein mit Rücksicht auf die derzeitige Lage im Automatenaufstellgewerbe geändert.

Es wurden insgesamt nach § 7 der Verordnung 719 Zulassungszeichen erteilt.

Chemisches Laboratorium

34 (38) Glasprüfungen,
20 | (38) Analysen von Metallen,
7 | sonstige analytische Untersuchungen,
350 (0) Röntgenspektrographische Aufnahmen.

Für die Erledigung von Industrieaufträgen sowie für Laboratorien der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wurden verschiedenartige analytische Arbeiten ausgeführt.

Photochemisches Laboratorium.

Es wurden 23 (74) Platten und Filme auf DIN-Empfindlichkeit geprüft.

Abteilung I (Maß und Gewicht).

52. **Konstruktion eines Schnellvergleichers für Endmaße u. dgl. in weißem und homogenem Licht.** (W. Kösters.) Der Komparator ist für Längen bis 200 mm bestimmt und soll sowohl für laufende Prüfungen als auch für die Bestimmung der Gebrauchsnormale der Reichsanstalt dienen. Er ist in ein schweres Aluminiumgehäuse vollständig eingeschlossen. Der innere Temperaturausgleich und die äußere Isolation sind vervollkommnet. Er ist ferner mit einem sog. optischen Streckenkompensator ausgerüstet und mit einer Vakuumkammer zur Eliminierung der Luftbrechung versehen, so daß Bruchteile der Interferenzstreifenbreite in Vakuumwellen unmittelbar ausgemessen werden können. Alle Bewegungen und Justierungen sind von außen steuerbar. Der Apparat dient zur Bestimmung kleiner Differenzen in weißem Licht und zu absoluten Messungen in Wellenlängen.

53. **Ausmessung des Zylinders aus Quarzgut für die internationale Bestimmung des absoluten Ohm.** (W. Kösters und P. Lampe.) Die Form und die Dimensionen des von der Firma Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, geschliffenen Zylinders, der für die Aufnahme der Wicklung bestimmt ist, wurden vollständig ausgemessen. Die Messungen wurden auf der besonders für diesen Zweck konstruierten Sonderapparatur in Vergleich mit einem interferentiell bestimmten Endmaß ausgeführt. Proben von Kupferdraht wurden auf Rundheit und Gleichmäßigkeit des Querschnitts untersucht.

54. **Brechungsvermögen des Wasserdampfes in Luft.** (W. Kösters und P. Lampe.) Die Versuche wurden zunächst mit der vorhandenen Doppelkammer von 2 m effektiver Länge angestellt,

indem der Gangunterschied zwischen den beiden Kammern, von denen die eine mit trockener Luft, die andere mit Luft von bekanntem Feuchtigkeitsgehalt beschickt wurde, bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gemessen wurde.

Der gefundene Wert für die Brechung liegt ein wenig höher als die bisher von anderer Seite veröffentlichten Werte.

55. **Überschießende Streifenbruchteile der grünen Kadmiumlinie *Cd* 0,5087 μ und der blauen Kadmiumlinie *Cd* 0,4801 μ.** (W. Kösters, P. Lampe, Engelhard.) Um die grüne Kadmiumlinie *Cd* 0,5087 μ und die blaue Kadmiumlinie *Cd* 0,4801 μ trotz ihrer Feinstrukturen zu interferentiellen Feinmessungen von Endmaßen verwenden zu können, wurden die überschießenden Bruchteile bei diesen Linien für alle Endmaßlängen von 10, 20, 30 bis 150 mm direkt durch Vergleich mit der roten Kadmiumlinie *Cd* 0,6440 μ bestimmt. Als Lichtquelle wurde die übliche Kadmiumlampe der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung, Osram, Berlin, benutzt.

56. **Vakuumwellenlängen der gelbgrünen Kryptonlinie *Kr* 0,5651 μ und der roten Kryptonlinie *Kr* 0,6458 μ.** (W. Kösters, P. Lampe, Engelhard.) Die gelbgrüne Kryptonlinie *Kr* 0,5651 μ und die als Hilfslinie zur Bestimmung der Ordnungszahlen benutzte rote *Kr* 0,6458 μ wurden nochmals sorgfältigst mit der roten Kadmiumlinie *Cd* 0,6440 μ bei den Gangunterschieden von 10, 20, 30 bis 200 mm und unter sich bei den Gangunterschieden von 300, 400 und 500 mm verglichen. Die Versuche stehen vor dem Abschluß.

57. **Untersuchung des Zerstreuungsvermögens und der Phasenänderung bei der Lichtreflexion an Stahlendmaßen verschiedener Herkunft und verschiedener Rauhigkeit.** (W. Köster, P. Lampe, Engelhard.) Ein einfacher Zusammenhang zwischen dem photometrisch gemessenen Streuvermögen und der interferentiell bestimmten Eindringungstiefe und Phasenänderung bei der Lichtreflexion an Endmaßflächen wurde festgestellt. Der gesamte Effekt, die sog. Anschubkorrektion, ist durch den für das Material charakteristischen optischen Phasensprung und durch die Verlagerung der reflektierenden Ebene infolge der Rauhigkeit bestimmt.

58. **Bandmaßnormal aus Stahl.** (P. Lampe, Neumann.) Zur Prüfung längerer Bandmaße wurde ein 30-m-Bandmaßnormal aus Stahl von der Firma Max Hildebrand, Freiberg i. Sa., beschafft. Eine vorläufige Prüfung der Gesamtlänge ergab bei 20° einen nur kleinen Fehler.

59. **Zulassung von Längenmaßen zur Eichung.** (P. Lampe, Zipler, Neumann.) Zwei Ausführungsformen von Bandmaßen mit Senkgewicht für Tankvermessungen wurden probeweise zur Eichung zugelassen.

Die Entwicklungsarbeiten für einen eichfähigen Feldmeßzirkel zum Gebrauch in landwirtschaftlichen Betrieben sind im Gange.

60. **Bestimmung einer Toise.** (Zipler, Neumann.) Für die Universitätssternwarte Königsberg i. Pr. wurden die Gesamtlänge und die Ausdehnung der zum Besselschen Pendelapparat gehörigen Toise neu bestimmt.

61. **Invardrähte.** (Neumann.) Für das Königlich-Ungarische Triangulierungsamt in Budapest wurden 4 Invardrähte für Basismessungen geprüft.

62. **Längenbestimmungen an Prüfstäben aus Kunst- und Preßstoffen.** (Zipler, Neumann.) Um das Schwindmaß von Kunst- und Preßstoffen festzustellen, wurden 3 Preßformen und die Längen einer Anzahl Prüfstäbe, die aus diesen Stoffen mit den Preßformen hergestellt waren, bestimmt.

63. **Verordnungen und Vorschriften über Längenmeßgeräte.** (Lanzrath.) Die Vorschriften der Eichordnung nebst den zugehörigen Ausführungsbestimmungen für Stoffbandmeßwerkzeuge, Wegstreckenmesser an Kraftfahrzeugen und Fahrpreisanzeiger an Kraftdroschken wurden zugleich mit der Verordnung über Übergangsbestimmungen für Fahrpreisanzeiger an Kraftdroschken älterer Bauarten veröffentlicht.

64. **Draht- und Kabelmeßmaschinen.** (Lanzrath, Bethe.) Es wurden 3 neue Bauarten von Draht- und Kabelmeßmaschinen auf Eichfähigkeit geprüft. Die Erprobung von bereits probeweise zugelassenen Geräten wurde weitergeführt. Zur Bestimmung der Länge von Rohrdrähten wurde eine Meßmaschine mit Markiervorrichtung für die Draht- und Kabelindustrie geprüft. Meßwerkzeuge für Rohrdrähte in verschiedenen Ausführungsformen für den Kleinhandel wurden weiterentwickelt.

65. **Längenmeßgeräte für die Textilindustrie.** (Lanzrath.)

a) Stoffmeßmaschinen. Es wurden 5 neue Bauarten von Stoffmeßmaschinen geprüft. Davon wurden 2 Bauarten mit einer Sondervorrichtung zur Vermeidung des Einflusses der Dicke des jeweiligen Meßgutes auf das Meßergebnis probeweise zur Eichung zugelassen. Weiterhin wurden Sonderbauarten, und zwar eine Bauart für samt-, plüsch- und velourartige Stoffe, 5 Bauarten für

Teppich- und Läuferstoffe und sonstige nicht dehnbare Gewebe, 1 Bauart für hochelastische Wirkwaren (Trikotstoffe), 2 Bauarten für Verbandstoffe, auf Eichfähigkeit geprüft.

b) Legemaschinen. Es wurde eine Bauart einer selbsttätigen Legemaschine endgültig zur Eichung zugelassen.

66. **Stoffbandmeßwerkzeuge.** (Lanzrath, Bethe.) Es wurden insgesamt 5 Bauarten auf Eichfähigkeit geprüft. Davon war eine Bauart mit Heißfalzvorrichtung versehen.

67. **Zählwerke für Längenmeßgeräte.** (Lanzrath.) Die an Draht- und Kabelmeßmaschinen sowie an Stoffmeßmaschinen angewendeten Zählwerke wurden weiter vervollkommnet. Dies gilt im besonderen für die Zählwerke mit Hebel-Moment-Nullstellvorrichtung, die außerdem noch mit einem Kartendruckwerk versehen sein dürfen. Es wurden insgesamt 6 Zählwerke neuer Bauarten geprüft. Von diesen wurde eine Bauart, bei der die Ziffernrollen aus dem Preßstoff „Trolitul" hergestellt waren, probeweise zugelassen.

68. **Garnmeßgeräte.** (Lanzrath.) Es wurden 3 Garnweifen nachgeprüft und beglaubigt.

69. **Papiermeßmaschinen.** (Lanzrath.) Es wurde eine Bauart für lichtempfindliche Papiere auf Eichfähigkeit geprüft.

70. **Wegstreckenmesser.** (Lanzrath.) Es wurden 5 Bauarten von Wegstreckenmessern für Kraftfahrzeuge, die in Bauart und Wirkungsweise den eichtechnischen Anforderungen an das Wegewerk von Fahrpreisanzeigern (Taxameter) entsprechen sollen, auf Eichfähigkeit geprüft. Davon wurden 2 Bauarten zur Eichung probeweise zugelassen. Weiterhin wurde 1 Wegstreckenmesser mit Geschwindigkeitsmeßeinrichtungen und Uhr sowie mit Schreibvorrichtung für fortlaufende Aufzeichnungen des zurückgelegten Weges und der Geschwindigkeit auf Eichfähigkeit des Wegewerkes geprüft und probeweise zur Eichung zugelassen. Das Gerät dient nicht nur zur Feststellung des zurückgelegten Weges, sondern auch zur Prüfung, ob die jeweilige Fahrweise zur Ersparnis von Treibstoff und zur Schonung der Radreifen und des ganzen Fahrzeuges angemessen ist.

71. **Fahrpreisanzeiger an Kraftdroschken.** (Lanzrath.) Fahrpreisanzeiger solcher Bauarten, die weiterhin noch hergestellt werden, wurden, soweit sie den Anforderungen der Eichvorschriften entsprechen, als endgültig zur Eichung zugelassene Geräte erklärt. Die Fahrpreisanzeiger der übrigen Bauarten dürfen, soweit sie den Übergangsbestimmungen entsprechen, einstweilen auf Grund dieser Bestimmungen noch zur Eichung angenommen werden.

Die zur betriebsmäßigen Prüfung der Wegstreckenmesser und des Wegewerkes von Fahrpreisanzeigern erforderlichen Meßwagen wurden bei den Eichungsaufsichtsbehörden als Gebrauchsnormale eingeführt. Die weiterhin noch für die Eichung erforderlichen Prüfmittel, und zwar insgesamt 37 Stoppuhren zur Prüfung des Zeitwerkes von Fahrpreisanzeigern, 38 Zählwerke zur Ermittlung der Wegdrehzahl der einzelnen Fahrzeuge und 24 Meßbänder aus Stahl von 20 m Länge wurden geprüft. Die beteiligten Kreise der Wirtschaft wurden über die eichtechnische Behandlung der in Rede stehenden Geräte in weitem Umfange aufgeklärt. Die Eichbeamten der Eichungsaufsichtsbehörden wurden in der Ausführung der Prüfung besonders unterwiesen.

72. **Flächenmeßgeräte, Planimeter, Ledermeßmaschinen.** (Lanzrath.) Es wurden 2 Kontrollineale für Präzisions-Kompensations-Planimeter geprüft.

Es wurden 3 neue Bauarten von Ledermeßmaschinen auf Eichfähigkeit geprüft. Davon wurde eine Bauart endgültig zur Eichung zugelassen. Weiterhin wurden für die Ledermeßmaschinen der bereits eichfähigen Bauarten neuartige Anzeigevorrichtungen zugelassen.

73. **Vorschriften für Flüssigkeitsmeßgeräte.** (Thomas[1]), Padelt, v. Ohnesorge[2]).) Auf dem Gebiete der Durchflußmesser war — bedingt durch die Ausbildung besonderer Zapfsäulen für die Reichsautobahnen und durch die Entwicklung von Durchflußmessern für große Durchflußstärken (1000 l/min und mehr) — eine weitgehende Ausgestaltung der Prüfungsvorschriften erforderlich. Ferner mußten die Bestimmungen über Tankwagen umgestaltet werden. Aus diesem Grunde wurde die für 1936 vorgesehene Neuherausgabe der „Instruktion II" zurückgestellt, um die auf dem Gebiete der Durchflußmesser eingetretene Entwicklung bei der Veröffentlichung dieser Bestimmungen berücksichtigen zu können.

74. **Umbau der Laboratoriumsräume.** (Thomas[1]), Padelt.) Die Laboratoriumsräume und Prüfeinrichtungen für Mineralölmeßgeräte wurden grundlegend umgebaut. Es wurde ein besonderer Prüfstand für Durchflußmesser für Mineralöl geschaffen, auf dem diese Messer mit den verschiedenen Mineralölen geprüft und untersucht werden können. Die Anlage ist mit einem Hochbehälter ausgerüstet und ermöglicht Prüfungen mit Durchflußstärken bis zu etwa 500 l/min.

1) Bis 30. 9. 1936.
2) Vom 1. 5. 1936 an.

Mit dem Umbau der Laboratoriumsräume und des Prüfstandes für große Wassermesser (Erweiterung von 100 mm auf 300 mm lichte Weite) ist begonnen worden. Diese Umbauten werden erst im Laufe des Jahres 1937 abgeschlossen werden können.

75. **Untersuchung von Durchflußmessern für Mineralöle.** (Thomas[1]), Padelt, v. Ohnesorge[2]).) Die Untersuchungen über die Abhängigkeit der Anzeige der Durchflußmesser für Mineralöle von der Viskosität und der Schmierfähigkeit der Öle wurde gelegentlich der Systemprüfungen fortgesetzt. Auf Grund der bei diesen Vorversuchen gewonnenen Erfahrungen sollen jetzt auf dem neu geschaffenen Prüfstand eingehende Untersuchungen vorgenommen werden.

76. **Systemprüfungen von Flüssigkeitsmeßgeräten.** (Thomas[1]), Padelt, v. Ohnesorge[2]).) Bearbeitet wurden 143 Zulassungsanträge. In 86 Fällen wurden wichtigere Auskünfte und Entscheidungen erteilt.

77. **Vermessung von Lagertanks.** (Padelt.) Das im Jahre 1935 entwickelte Meßverfahren für große Lagerbehälter konnte apparativ wesentlich verbessert und vereinfacht werden, so daß es jetzt für die Benutzung durch die Eichbehörden freigegeben werden kann. Es ermöglicht jetzt auch, die gegebenenfalls vorhandene Schiefstellung des Tanks festzustellen.

78. **Fässer.** (Thomas[1]), Padelt, v. Ohnesorge[2]).) Bearbeitet wurden 5 Zulassungsanträge.

79. **Fischversandgefäße.** (Thomas[1]), Padelt.) Veranlaßt durch eine Änderung der Tarifvorschriften der Reichsbahn wurden die Vorschriften über die Prüfung und Beglaubigung der Fischversandgefäße überarbeitet.

80. **Weiterentwicklung der eigenen Versuchs- und Prüfeinrichtungen für Gasmesser.** (Weymann, Mentzel, Umpfenbach, Quest.) Die Einrichtung der Versuchsanlage für Prüfung von Großgasmessern in der Franklinstraße wurde in vielen Einzelheiten vervollständigt, doch mußte der geplante Einbau einer für Versuche mit Düsen und Blenden geeigneten Rohrleitung aus Mangel an Mitteln vorläufig noch unterbleiben.

Im Zusammenhang mit den Vorbereitungen für einen einwandfreien Anschluß sämtlicher Normalgasmesser der Eichbehörden an das Urmaß wurde ein Satz kleiner Blenden mittels des Verfahrens der Wägung durchgeflossener Wassermengen untersucht, um beurteilen zu können, inwieweit für den Anschluß auch Blenden als maßgebende Zwischennormale in Betracht kommen. Die Versuche sind zur Zeit noch nicht abgeschlossen.

81. **Zulassung neuer oder abgeänderter Bauarten, Größen oder Anbauteile für eichfähige Gasmesser sowie von Normalen für die Eichung von Gasmessern, Systemprüfungen.** (Weymann, Mentzel, Umpfenbach, Quest.) Wie im Vorjahre wurde eine Anzahl von Zulassungsanträgen jeder Art erledigt. Das eingeleitete Verfahren bezüglich der Zulassung einer Bauart von Drehkolbengasmessern und einer Bauart von Mengenumwertern wurde weiter verfolgt.

82. **Vorschriften für eichfähige Gasmesser.** (Weymann, Mentzel, Umpfenbach, Quest.) Der vorliegende Entwurf, der die Kammergasmesser betreffenden Paragraphen der neuen Eichordnung umfaßt, wurde in allen Teilen nochmals eingehend überarbeitet und nunmehr nebst einem Verzeichnis der in Aussicht genommenen Übergangsfristen für die Versendung an die Eichaufsichtsbehörden und die Gasmesserfabriken fertiggestellt. Die Versendung des Entwurfs der die Strömungsgasmesser betreffenden Paragraphen wird nach Überarbeitung mit Rücksicht auf die aus den Kreisen der beteiligten Industrien bisher dazu vorliegenden Äußerungen demnächst erfolgen.

Der in Arbeit befindliche zweite Entwurf der neuen Instruktion für die Eichung von Gasmessern konnte auch in diesem Jahre noch nicht abgeschlossen werden, wurde aber wesentlich gefördert. Auch wurden daraus die Bestimmungen für die Prüfung von Drehkolbengasmessern den in Frage kommenden Eichaufsichtsbehörden als geltende Richtlinien bereits bekanntgegeben. Außerdem wurde eine Reihe von Instruktionsbestimmungen teils in Form einer Verfügung, teils als Zusatz zur Instruktion für die Veröffentlichung in den „Mitteilungen" ausgearbeitet (vgl. Anhang, Nr. 8).

Als Ergebnis der 1935 durchgeführten Neuzulassung der bis dahin zulässigen Bauarten eichfähiger Gasmesser und zugleich als vorläufiger Ersatz für die fehlenden „Bildlichen Darstellungen", die erst allmählich im Laufe der Jahre werden herausgegeben werden können, wurde als Anlage zum 631. Zusatz zur Instruktion ein Verzeichnis sämtlicher gegenwärtig zugelassener Bauarten eichfähiger Gasmesser für die Veröffentlichung fertiggestellt.

83. **Anschluß von Normalkilogrammen an das Urgewicht.** (Langbein, Lenk.) Das Urgewicht Nr. 22 ist nach längerer Pause im Juli in Paris nachgeprüft worden und hat sich dabei um 0,02 mg leichter ergeben als im Jahre 1905. Vor der Verschickung sind das Platinkilogramm *B''* und die

1) Bis 30. 9. 1936.
2) Vom 1. 5. 1936 an.

beiden besten vernickelten Messingkilogramme *St* und *9* an das Urgewicht angeschlossen und nach der Rückkunft das Urgewicht nochmals mit dem Platinkilogramm *B″* verglichen worden. Die mit dem neuen Wert für das Urgewicht errechneten Werte für die drei Kilogramme weichen von den im Jahre 1908 ermittelten Werten um + 0,013, + 0,050 und − 0,013 mg ab.

84. **Bestimmung von Normalgewichtssätzen.** (Langbein, Lenk.) Der Anschluß der anderen Normalkilogramme *W* und *7* an *St* und *9* ist nahezu beendet. Die Bestimmung der Normalgewichtssätze *W* und *7* ist im Gang, ebenso die der Arbeitssätze *Ö* und *32*.

85. **Handelswaagen.** (Schönherr, Kornatz, Blum, H. Johannsen.) In das Erprobungsverfahren für entlastungslose Fuhrwerks- und Gleiswaagen wurden weitere Bauarten einbezogen; es befanden sich 38 bzw. 13 Bauarten in der Erprobung. Dabei kamen besonders auch kombinierte Fuhrwerks- und Gleiswaagen, Mehrfach-Gleiswaagen sowie Laufkatzenwaagen ohne Entlastungsvorrichtung zur Probezulassung. Für eine Bauart einer entlastungslosen Fuhrwerkswaage wurde das Verfahren abgeschlossen. Für Fuhrwerkswaagen wurde anschließend eine Sonderprüfung angeordnet, um ihre Eignung als Achsdruckwaage für die polizeiliche Überwachung der Lastkraftfahrzeuge festzustellen. Für Gleiswaagen mit Gleisunterbrechung ohne Entlastungsvorrichtung in Strecken, die auch von schwereren Rangierlokomotiven befahren werden, wurden in Zusammenarbeit mit dem Reichsbahn-Zentralamt gemeinsame Untersuchungen einzelner Waagen jeder Bauart vorbereitet; bisher wurde eine solche Untersuchung durchgeführt. Neue Aufgaben brachte auch das Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. Dezember 1935. So wurde durch die Ausdehnung der Eichpflicht auf Säuglings- und sonstige Personenwaagen im Gesundheitswesen die Waagenindustrie angeregt, entsprechende eichfähige Bauarten zu entwickeln und zur Untersuchung vorzulegen. Die sonstigen Untersuchungen und Entscheidungen betrafen u. a. Achsdruckwaagen, fahrbare Kohlenstaubwaagen, Behälterwaagen für Öl und Waagen zur Feststellung des Stärkegehalts von Kartoffeln.

Auf dem Gebiete der Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtung wurden 29 Bauarten bzw. Nebeneinrichtungen probeweise zugelassen. In den zugehörigen Abschnitten der Eichordnung und Instruktion wurden Neufassungen ausgearbeitet, insbesondere über die Ausführung der Skalen und Preisanzeiger (im Anschluß an die Forderungen des neuen Maß- und Gewichtsgesetzes), die Fehlergrenzen, den Verschluß der Waagen bei der Eichung, über Waagen mit Druckwerken, zusätzlichen Nachstellskalen und Taraausgleichseinrichtungen.

Mit den Untersuchungen über Drehgelenke an Waagen, insbesondere über Schneiden und Pfannen ist begonnen worden, nachdem die erforderlichen Prüfgeräte hier entwickelt und teils in der Werkstatt der Abteilung, teils von Spezialwerkstätten hergestellt oder beschafft worden sind.

86. **Waagen für besondere Zwecke.** (Schönherr, Kornatz, Blum, H. Johannsen.) Die Systemprüfungen von Waagen zur selbsttätigen Abwägung von Füllgut wurden fortgesetzt. Mehrere Bauarten zur Abwägung von Mehl, Kaffee, Tee, Seifenpulver wurden probeweise zugelassen. Einzelne bereits endgültig zugelassene Bauarten (z. B. für Zement) wurden für einen erweiterten Verwendungsbereich (z. B. noch für Gips, Kalk, Kalidünger) angemeldet; entsprechende Untersuchungen einzelner dieser Waagen wurden unter Teilnahme der Reichsanstalt am Aufstellungsort durchgeführt. Eine selbsttätige Stückzählwaage für Grammophonnadeln und Reißnägel und andere Werkstücke wurde untersucht und probeweise zugelassen. Die Beanstandung einer großen selbsttätigen Getreidewaage durch eine Kontrollfirma machte die Reise eines Beamten zur Prüfung der Waage nach Bremen notwendig.

In Verfolg von § 34 Abs. 2 der Ausführungsverordnung zum Maß- und Gewichtsgesetz, vom 20. Mai 1936, wurden die eichtechnischen Anforderungen an die Abfüllmaschinen in einem in den Mitteilungen des Reichsausschusses für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit veröffentlichten Aufsatz vorläufig bekanntgegeben.

Für Präzisionswaagen, für Waagen zum Herstellen gleicher Packungen, Hubgewichtswaagen und Zählwaagen wurden die Vorschriften umgearbeitet und erweitert.

87. **Getreideprober.** (Schönherr, Lenk, v. Walter.) Die für die Getreideprober vorgesehenen neuen Abmessungen der einzelnen Teile wurden festgelegt. Das auf diese Abmessungen und auf die 20°-Temperatur umgearbeitete Zwanzigliternormal Nr. 3 bildet künftig die Grundlage des gesetzlichen Getreideprobersystems. Für die Größen zu 1 Liter und $^1/_4$ Liter wurden je zwei, den neuen Abmessungen entsprechende Normale sowie eine gleicharmige Präzisionsbalkenwaage mit Neigungsgewichtseinrichtung und Öldämpfung beschafft.

Für die bevorstehenden Vergleichsschüttungen zum Anschluß der neuen Normale an das Urnormal zu 20 Liter und für die Aufstellung neuer Vergleichstafeln wurden die technischen Vorbereitungen getroffen und die erforderlichen Getreidemengen verschiedener Arten und Gütegewichte

durch Vermittlung des Reichsnährstandes von den landwirtschaftlichen Genossenschaften zur Verfügung gestellt. Die bei der Ernte des Jahres 1936 erhaltenen ungewöhnlich leichten Sorten sollen bei den Vergleichungen besonders berücksichtigt werden.

Ein mit dem Antrag auf Zulassung zur Eichung vorgelegter selbsttätig arbeitender Getreideprober zur laufenden Kontrolle des Hektolitergewichts in Mühlen wurde in Zusammenarbeit mit der herstellenden Firma mehrfach geändert. Die Aufstellung einer Anschlußtafel für die noch nicht endgültige Ausführung dieses Literprobers an das Zwanzigliternormal wurde mit mehreren Weizensorten verschiedenen Hektolitergewichts und verschiedener Körnung durchgeführt. Die Versuche ergaben, daß infolge der abweichenden Schüttvorgänge eine merkbare Abhängigkeit von der Feuchtigkeit des Füllgutes besteht, die noch der Beseitigung bedarf. Die noch erforderliche weitere Durchbildung des Apparates ist von dem Antragsteller nunmehr einer Spezialfirma übertragen worden.

88. **Eichvorschriften und Instruktionen für Gehaltsermittlung.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Das Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. Dezember 1935, das die auf den Einheiten des Raumes oder der Dichte beruhenden Meßgeräte für wissenschaftliche und technische Untersuchungen, die zur Gehaltsermittlung dienen, der Eichpflicht unterwirft, z. B. Kolben, Pyknometer, Pipetten, Büretten, Butyrometer nebst Hilfsgeräten, Mohrsche Waagen und ähnliche Waagen, Aräometer aller Art, machte eine Neubearbeitung der Eichvorschriften und Instruktionen erforderlich. Im Zusammenhang damit wurden Untersuchungen ausgeführt: a) über die Fehlergrenzen, welche die bisher nicht eichfähigen DIN-Denog-Geräte einhalten können, b) über die Möglichkeit, für die bisher zur Eichung zugelassenen Geräte engere Fehlergrenzen als bisher vorzuschreiben, c) über die Zulassung der bisher gebräuchlichen Hilfsgeräte zur butyrometrischen Fettbestimmung.

89. **Volumenbestimmung von Flüssigkeitsmenisken.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Diese Messungen wurden auf flache Röhren, wie sie zu Butyrometern verwandt werden, ausgedehnt.

90. **Feststellung der Grundlagen der Butyrometerskalen.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Es wurden Butyrometerablesungen mit quantitativen Fettbestimmungen nach dem verbesserten Verfahren Röse-Gottlieb verglichen. Für Rahm und Käse sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen.

91. **Normung.** (Hartmann, W. Hoffmann.) Mit der Industrie wurden Verhandlungen geführt mit dem Ziel, die DIN-Denog-Geräte den Eichvorschriften anzupassen. Normblattentwürfe wurden wiederholt durchgearbeitet.

92. **Prüftätigkeit der Abteilung I.**

Laboratorium für Längenmaße.

20	(104)	Kryptonröhren,
474	(208)	rechwinklige Endmaße aus Stahl,
0	(2)	rechtwinklige Endmaße aus Quarz,
13	(0)	Einstellmaße aus Stahl,
0	(3)	Kugelendmaße,
2	(0)	Polarisationsröhren,
0	(4)	Glasplatten (Bestimmung der Dicke),
0	(1)	Endmeter aus Quarz,
120	(37)	Endmeter aus Stahl,
0	(2)	Endmaßstäbe von 3 m Länge aus Indilatans,
3	(2)	Strichmeter ersten Ranges, mit Ausdehnungsbestimmung,
10	(10)	Strichmeter geringerer Güte,
2	(0)	Strichmaße ersten Ranges über 1 m, mit Ausdehnungsbestimmung,
3	(4)	Strichmaße geringerer Güte über 1 m,
0	(4)	Strichmaße ersten Ranges unter 1 m,
1	(10)	Strichmaß geringerer Güte unter 1 m,
7	(17)	Jäderindrähte,
7	(14)	Bandmaße,
2	(1)	Objektmikrometer,
0	(3)	Blutkörperchenzählkammern,
1	(0)	Trägheitszylinder,
2	(0)	Schwingungsringe,
0	(1)	Barometerhüllrohre,
3	(0)	Preßformen aus Stahl,

18 (0) Prüfstäbe aus Preßstoffen,
1 (0) Ausdehnungsbestimmung an Stahlbändern,
0 (6) Prüfungshilfsmittel für Getreideprober,
63 (70) Meßgeräte verschiedener Art für die Seeschiffsvermessung,
20 (21) Meßgeräte verschiedener Art für die Zollverwaltung.

Laboratorium für Flüssigkeitsmeßgeräte.

6 (15) Wassermesser, darunter 1 Blendenwassermesser,
210 (37) Scheibenmesser für dünnflüssige Mineralöle,
5 (0) Ringkolbenmesser für Schmieröl,
3 (0) Scheibenmesser für Alkohol,
8 (4) Scheibenmesser für Milch,
1 (0) Trommelmesser für Benzol,
3 (3) Lagertanks für Mineralöle zu 1300, 2000 und 5000 cbm.

Laboratorium für Gasmesser.

2 (32) Drehkolbengasmesser (Eichung),
21 (7) Mengenumwerter (Eichung),
3 (2) Gebrauchsnormalgasmesser (Prüfung und Beglaubigung), darunter 2 Crosley-Gasmesser zu 100 und 700 m^3/h und 1 Drehkolbengasmesser zu 6000 m^3/h,
1 (0) Schwimmer-Strömungsmesser für Luft (Prüfung).

Laboratorium für Wägungen und Gewichtseichung.

1 (0) Hauptnormalsatz 20 kg bis 1 mg für eine Aufsichtsbehörde,
58 (44) Sätze analytischer Gewichte,
2 (2) Sätze Gewichte mit erhöhter Genauigkeit,
6 (10) Einzelgewichte,
6 (3) Sätze für andere Laboratorien der PTR., darunter 1 Satz aus Contracid mit erhöhter Genauigkeit,
1 (1) Reitersatz,
1 (0) Satz aus *V 2 A*-Stahl,
1 (0) Satz für die Staatsmünze Berlin,
1 (0) Trägheitszylinder,
2 (0) Trägheitsringe,
1 (0) Gewichtsverlust eines Kupplungsringes aus Aluminium,
1 (0) 17 gußeiserne Belastungsgewichte,
2 (0) Belastungsgewichte für Basismessungen,
1 (0) Satz Belastungsgewichte für Aräometer,
2 (0) Prüfungen analytischer Waagen,
23 (23) Garngewichtssätze,
5 (5) Garnwaagen.

Laboratorium für Waagen, Getreideprober.

5 (7) Meßkeile für die Prüfung von Gleiswaagen ohne Gleisunterbrechung,
30 (24) Achsdruckmesser zum Polizeigebrauch,
27 (10) Zwanzigliterprober, Nacheichung am Aufstellungsorte,
6 (6) Literprober und Viertelliterprober als Normale für deutsche Eichbehörden,
2 (0) Literprober als Fabriknormale für Hersteller.

Laboratorium für Aräometrie und Glasgeräte.

409 (354) Aräometer,
93 (238) andere Geräte.

Abteilung II (Elektrizität und Magnetismus).

93. Piezoelektrisch erregte Drillungsschwingungen von Quarzstäben. (Giebe, Blechschmidt.) An einer Anzahl von zylindrischen und rechteckigen Quarzstäben wurden Versuche über geeignete Elektrodenanordnungen zur Erzeugung von Drillungsschwingungen in Selbsterregungsschaltung sowie über die für Drillungsschwingungen günstigste Halterung der Stäbe durchgeführt. Ferner wurden die Temperaturkoeffizienten der Drillungseigenschwingungen einer Anzahl von Stäben verschiedener Abmessungen bestimmt.

94. Internationale Vergleichungen von Normalwiderständen und Normalelementen. (v. Steinwehr.) Zum Zweck einer Wiederholung der bereits öfters ausgeführten internationalen Vergleichung der Werte des Ohm und des Volt der verschiedenen Länder wurden im Dezember 1936 zwei Normalwiderstände und im Januar sechs Normalelemente an das Bureau international des poids et mesures in Sèvres übersandt. Außerdem wurden Normalwiderstände und -elemente des polnischen Staates mit den Normalen der Reichsanstalt verglichen.

95. Internationale Normung für Freileitungsaluminium. (v. Steinwehr.) Das Laboratorium für Grundeinheiten beteiligte sich an den Arbeiten zur Aufstellung dieser Normen sowohl durch Teilnahme an den Sitzungen des Deutschen Ausschusses für Aluminiumleitungsnormen und des beratenden Komitees Nr. 7 (Aluminium) der internationalen elektrotechnischen Kommission in Berlin als auch durch Messungen der Dichte, der Leitfähigkeit und der Zerreißfestigkeit von Aluminiumdrähten, die für Freileitungszwecke bestimmt sind.

96. Stromwaage. (v. Steinwehr, Gremmer.) Die Bewicklung des zweiten Spulensatzes mit emailliertem und außerdem noch seideumsponnenem Kupferband ist beendet. Mit der Bestimmung des Radienverhältnisses dieses Spulansatzes ist im Potsdamer Zweiglaboratorium begonnen worden.

97. Widerstandswerkstoffe für Präzisionswiderstände. (A. Schulze.) *a) Quarzkopien.* Drei Quarzkopien von je 0,5 Ohm sind fertiggestellt. Die laufenden Beobachtungen ergaben eine Konstanz des Widerstandes innerhalb $1 \cdot 10^{-5}$.

b) Goldlegierungen. Von den Gold-Chromlegierungen wurde die mit 2,05 v. H. Chrom zur Herstellung von Normalwiderständen benutzt. Zunächst wurden 12 Widerstände von je 1 Ohm fertiggestellt. In allen Fällen wird der Widerstandsdraht auf mit Gewinde versehenen Porzellanrohren aufgewickelt und dann zum Schutz gegen Oxydation mit einer dünnen Schicht von Bakelitlack bestrichen. Die Alterungstemperatur beträgt 200° C; die Alterungszeit ist sehr stark vom Verformungsgrad des Drahtes abhängig. Sehr langsame Abkühlung ist unbedingt erforderlich. Die Temperaturkoeffizienten der Goldwiderstände liegen im allgemeinen zwischen -1 und $+1 \cdot 10^{-6}$. Die anfänglichen Änderungen der Widerstandswerte sind erheblich geringer als die der Manganinwiderstände und betragen nur einige Millionstel. Mit der Herstellung der 10-, 100- und 1000-Ohm-Widerstände ist begonnen.

c) Manganinähnliche Legierungen. Vom Bureau of Standards wurde ein Regulus einer Cu-Mn-Al-Legierung zur Verfügung gestellt, aus dem Drähte zur Herstellung von 1-, 10- und 100-Ohm-Widerständen gezogen wurden. 8 Widerstände von je 1 Ohm sind in derselben Weise wie die Goldwiderstände hergestellt. Die Alterung findet etwa 30–40 Stunden lang bei 150° C statt. Die Widerstandstemperaturkurve hat ein sehr flaches Maximum in der Nähe von 20°, so daß der Temperaturkoeffizient in der Umgebung der Raumtemperatur zwischen -2 und $+2 \cdot 10^{-6}$ liegt. Die anfänglichen Änderungen betragen nur wenige Hunderttausendstel und klingen nach einigen Tagen ab.

d) Widerstände aus hochgetempertem Manganin. Nach amerikanischen Angaben sollen Widerstände aus Manganin, das bei 550° C getempert ist, größere Konstanz und kleinere Temperaturkoeffizienten besitzen als die üblichen Manganinwiderstände. Einige Widerstandsbüchsen vom Bureau of Standards und aus Polen, die nach diesem Verfahren hergestellt sind, werden laufend beobachtet.

e) Metallkundliche Untersuchung des Manganins. Für die Herstellung von Widerständen nach *d)* ist es wesentlich, den Zusammenhang zwischen Verformung, Alterungstemperatur und elektrischem Widerstand zu kennen. Derartige Untersuchungen sind bereits im Gange.

f) Widerstand und Feuchtigkeit. Zur Ermittlung des Feuchtigkeitseinflusses auf hochohmige Manganinwiderstände wurden u. a. solche untersucht, bei denen der Draht mit Emaillack überzogen ist. Bei diesen ist der Feuchtigkeitseinfluß erheblich geringer als bei den alten Manganinwiderständen. Die Versuche werden fortgeführt.

98. **Normalelement mit kleiner Spannung.** (Gremmer.) Die Beobachtung der EMK dieser nun schon 2 Jahre alten Elemente zeigt auch weiterhin eine gute zeitliche Konstanz. Die Ergebnisse wurden deshalb veröffentlicht. (Vgl. Anhang Nr. 40).

99. **Elektrische Leitfähigkeit von Aluminium für Freileitungen.** (A. Schulze.) Um ein Urteil über die Eigenschaften des deutschen, für Freileitungen verwendeten Aluminiums zu erhalten, wurden von 7 Firmen der Aluminium verarbeitenden Industrie Aluminiumproben angefordert und auf ihren spezifischen Widerstand σ nebst Temperaturkoeffizienten, sowie auf ihre Zerreißfestigkeit K untersucht. Als Mittelwert von über 70 Proben ergab sich bei 20°: $\sigma = 0{,}02810\ \Omega\ \mathrm{mm^2/m}$ und $K = 19{,}0\ \mathrm{kg/mm^2}$.

100. **Allotropieuntersuchungen.** (v. Steinwehr, A. Schulze, G. Johannsen.) Mit der Untersuchung der verschiedenen Umwandlungen des Mangans, über die wegen der in den Eigenschaften dieses Metalles liegenden großen Schwierigkeiten noch wenig Klarheit besteht, ist begonnen worden. Zunächst wurden an einem etwa 15 kg schweren Manganblock (etwa 95 v. H.), nach der von uns ausgearbeiteten Methode, die Wärmetönungen der Umwandlungen bestimmt, die sowohl bei 680° als auch bei 740° getrennt auftreten. Die thermische Ausdehnung wurde bis etwa 800° bestimmt. Widerstandsmessungen sind an Proben verschiedenen Reinheitsgrades durchgeführt. Untersuchungen an sehr reinem, destilliertem Mangan sind bereits im Gange.

101. **Magnetische Umwandlung.** (v. Steinwehr, A. Schulze.) Die Untersuchungen über die bei der magnetischen Umwandlung des Nickels auftretende Wärmetönung wurden abgeschlossen und veröffentlicht. — Ebenso sind die mit A. Kußmann gemeinsam durchgeführten Untersuchungen über das elektrische und magnetische Verhalten in der Umgebung des Curie-Punktes abgeschlossen (s. Nr. 155c).

102. **Vergleichung des absoluten und des internationalen Ohms.** (Zickner, Goens, Blechschmidt.) Die Versuche zur Verbesserung und Genauigkeitssteigerung der elektrischen Meßmethoden wurden fortgesetzt, sie erstreckten sich besonders auf die absolute Kapazitätsbestimmung nach Maxwell-Thomson. Da die vorhandenen Galvanometer als Brückeninstrumente nicht allen Anforderungen entsprechen, wurde eine Sonderbauart in Auftrag gegeben. Weitere Bemühungen galten der zweckmäßigen Gestaltung der Kontakte und Stromabnahmeteile des nunmehr quarzgesteuerten rotierenden Unterbrechers nach Form und Material. Zum Zwecke von Vergleichsmessungen wurde außerdem auf der gleichen Achse ein zweites Unterbrecherrad befestigt. Ferner gelangten einige die Konstanz der Vergleichswiderstände betreffende Fragen zur Klärung.

Die Aufgabe, auf einem zylindrischen Trägerkörper eine einlagige Blankdrahtwicklung von sehr konstanter Ganghöhe aufzubringen, wurde schließlich in der Weise gelöst, daß die auf einer Leitspindelbank vorgenommene Wicklung nachträglich noch eine Feinausrichtung durch eine Art Kämmverfahren erhielt. Die bisher an einem Probekörper aus Marmor ausgeführten Messungen lassen erkennen, daß die Gleichförmigkeit den zu stellenden Anforderungen entspricht und daß die Drahtoberfläche durch das Verfahren nicht merklich angegriffen wird. Um das Festliegen der Wicklung auf dem Spulenkörper zu prüfen, wurde die Probespule der Einwirkung einer mechanisch betriebenen Stoßvorrichtung ausgesetzt. Mikrometrische und elektrische Messungen vor und nach der Stoßbeanspruchung ergaben keine meßbaren Veränderungen.

103. **Untersuchung über die Dehnung von Cu-Drähten.** (Schulze, Zickner.) Die kathetometrische Untersuchung von Proben des für die Ohmspule zu verwendenden Cu-Drahtes (vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 81) ergab, daß innerhalb der für den Draht in Frage kommenden Belastungsgrenzen die relative Dehnung unter $1 \cdot 10^{-5}$ bleibt.

104. **Messungen an Selbstinduktionsnormalen.** (Blechschmidt.) In neuerer Zeit sind die Anforderungen an die Meßgenauigkeit bei der Prüfung von Selbstinduktionsspulen erheblich gestiegen, insbesondere werden öfters Messungen der Frequenzabhängigkeit und des Temperaturkoeffizienten der Induktivität von Spulen in einem weiten Frequenzgebiet gefordert, wobei häufig zahlreiche, bestimmte Frequenzwerte vorgeschrieben werden. Da die Leuchtresonatoren oder die Quarzuhren der Reichsanstalt praktisch jede gewünschte Frequenz leicht und mit großer Konstanz herzustellen gestatten, so ließ sich für diese Prüfungen mit Vorteil die Resonanzbrücke — in deren Nulleinstellung die Frequenz stark eingeht — in einem weiten Frequenzgebiet, besonders auch oberhalb 5000 Hertz, anwenden, um Selbstinduktionsänderungen mit Temperatur oder Frequenz von einigen Hunderttausendsteln bei verhältnismäßig geringem Zeitaufwand sicher zu messen.

105. **Quarzuntersuchung.** (Zickner.) Einige Beobachtungen auffällig hoher Verlustwinkel an mit Quarz isolierten Luftkondensatoren gaben Anlaß zur Untersuchung einer Reihe von Quarzisolatoren in dieser Richtung. Die mikroskopische Prüfung zeigte, daß manche Quarzglasproben an

ihrer Oberfläche, offenbar infolge unzweckmäßiger Kühlung, Risse von meist stern- oder zickzackförmiger Gestalt aufwiesen, und zwar in der Regel diejenigen, an denen Verluste beobachtet wurden. Zwischen beiden Erscheinungen kann daher ein Zusammenhang als sicher gelten.

106. **Kurzwellenmesser.** (Zickner, Blechschmidt.) Für Kurzwellenschwingungskreise, z. B. Wellenmesser, ist es von hohem Wert, einen Drehkondensator zu besitzen, der bei sehr kleiner Anfangskapazität doch etwa den gleichen relativen Variationsbereich besitzt, als die üblichen Drehkondensatormodelle. Dies gelang durch eine besondere Art der Reihenschaltung zweier Drehkondensatoren. Wesentlich für sehr hohe Frequenzen ist ferner die Möglichkeit völlig symmetrischen Aufbaues des Apparates. Die Anfangskapazität läßt sich bei geeigneter Anordnung bis auf etwa 2,5 $\mu\mu$F heruntersetzen, während Endkapazitäten von etwa 100 $\mu\mu$F ohne Schwierigkeiten erreichbar sind. Mit derartigen Kondensatoren wurden Resonanzwellenmesser entwickelt, die bei hoher Empfindlichkeit eine Meßgenauigkeit von einigen Promille gewährleisten und mit nur einer Drahtschleife einen Wellenbereich von etwa 1 : 4 für das Verhältnis von kleinster zu größter Welle umfassen. Die Anzeige der Resonanz erfolgt durch einen aperiodischen Kreis, der ortsfest mit dem Resonanzkreis gekoppelt ist. Mit einer bestimmten Drahtschleife ergibt sich ein Wellenbereich von z. B. 1,50 bis 6 m, also erheblich mehr, als in diesem Frequenzgebiet durch die bisher verwendeten Anordnungen erreicht wird. Durch Wegfall des häufigen Spulenwechsels wird mit dem neuen Apparat das Arbeiten im Gebiet kurzer Wellen wesentlich erleichtert.

107. **Quarzuhren.** (Scheibe, Adelsberger.) Gänge und Gangdifferenzen der Quarzuhren wurden täglich gemessen. Für das Jahr 1935 ergab die Auswertung mit Hilfe der astronomischen Zeitkorrektionen eine Bestätigung des Gangverlaufes von 1934. Wie früher beobachtet, tritt ein Minimum etwa im April und ein Ganganstieg von fast 0,004 s Ende Juni mit nachfolgendem Abfall gegen Ende des Jahres in den Gängen aller Quarzuhren hervor (Anhang Nr. 44).

Die zuvor als Versuchsuhr dienende Quarzuhr IV ist im gesamten Jahr 1936 mit in den Zeitdienst eingesetzt. Quarzuhr III und Quarzuhr IV liefen ohne irgendwelche Störungen bei konstant gehaltenen Betriebsbedingungen durch. Die Gangdifferenz beider Uhren wich im Laufe des Jahres maximal nur bis zu $\pm$ 0,0017 sec von ihrem Mittelwert ab; diesem Betrage entspricht eine größte Frequenzabweichung beider Uhren um $\pm\, 2 \cdot 10^{-8}$ des Frequenzwertes. Die mittlere Gangänderung (Akzeleration) gegen die astronomische Zeit ist bei Quarzuhr III etwa $3 \cdot 10^{-6}$ sec/d und bei Quarzuhr IV etwa $1 \cdot 10^{-6}$ sec/d.

Die gegenüber den Quarzuhren III und IV im Aufbau des inneren Thermostaten und Steuersenders verbesserten Quarzuhren V und VI wurden zur Beobachtung von Quarzeigenschaften, die Nachwirkungen infolge von Änderungen thermischer oder elektrischer Größen im Dauerbetrieb vermuten lassen, in Betrieb genommen.

Für Quarzuhr V wurde ein neuer Synchronmotor fertiggestellt, der für die Abnahme des Sekundenschlages in Abänderung gegenüber dem Synchronmotor der Quarzuhr III an Stelle eines Schleifkontaktes einen Hebelkontakt besitzt und ferner mit einem 10-sec-Rollenkontakt und einem nur bei Bedarf einschaltbaren Kontrollkontakt ausgerüstet ist. Mit Hilfe dieser verschiedenen Kontakte soll festgestellt werden, inwieweit Standänderungen durch Abnutzung der Kontaktflächen eintreten können.

Die Zahl der Frequenzabnehmer über Leitungen hat sich auch im Berichtsjahr vermehrt.

108. **Frequenzvervielfachung mit Gleichrichter.** (Adelsberger.) Die Frequenzteilungsapparatur (vgl. Nr. 90 des Tätigkeitsberichts 1935) ermöglicht unmittelbaren Anschluß an die Quarzuhren für alle Frequenzen ohne besondere Schwierigkeiten nur bis etwa $6 \cdot 10^7$ Hz. Von Grundfrequenzen ausgehend, die unterhalb dieser Grenze bei etwa 0,5 bis $6 \cdot 10^7$ Hz liegen, konnte durch Anwendung eines Vervielfachungsverfahrens dieser Anschlußbereich zunächst bis auf $3 \cdot 10^8$ Hz ($\lambda = 1$ m) ausgedehnt werden. Zu diesem Zweck wird die Spannung der Grundfrequenz den Anoden eines Röhrengleichrichters in Vollwegschaltung zugeführt. Es entsteht ein verzerrter Hochfrequenzstrom, der nach der bekannten Fourierzerlegung für Sinushalbwellen die geradzahligen Harmonischen der Grundschwingung enthält. Durch induktive Ankopplung wird ein auf die als Eichfrequenz dienende Harmonische abgestimmter, verlustarmer Resonanzkreis erregt. Für die Eichung von Wellenmessern ist die Energie bis zur 12. Harmonischen noch ausreichend. Zu erheblicher Energiesteigerung führt eine mit der Ordnung der Harmonischen zunehmende Unterdrückung des Gleichstromanteils des verzerrten Hochfrequenzstromes, die durch Regeln eines im Gleichrichterkreis liegenden, kapazitiv überbrückten Widerstandes eingestellt wird. Die am Widerstand entstehende Gegengleichspannung ruft eine für die betreffende Harmonische geeignete Verzerrung hervor.

Aufbau und Handhabung des Vervielfachers in dem bisher benutzten Bereich von $6 \cdot 10^6$ bis $3 \cdot 10^8$ Hz sind äußerst einfach.

109. **Eichung von Strommessern bei Hochfrequenz.** (Scheibe, Hoyer.) Die Vergleichung von Strommessern bei Frequenzen von mehr als $3 \cdot 10^6$ Hz wird dadurch erschwert, daß bei der notwendigen Reihenschaltung das zu eichende Instrument und das Stromnormal infolge von kapazitiven Nebenschlüssen und Erdschlüssen von verschieden starken Strömen durchflossen werden können; besonders unangenehm tritt diese Erscheinung dann auf, wenn die beiden Strommesser von verschiedener Bauart sind. Es wurde daher ein Meßkreis aufgebaut, in welchem Thermoinstrumente und als Stromnormale dienende Wolfram-Einfadenlampen in beliebiger Vertauschung stets dieselben Vergleichswerte ergaben. Die Untersuchung wurde im Frequenzbereich von $3 \cdot 10^6$ Hz bis $4 \cdot 10^7$ Hz durchgeführt; die Genauigkeit der Messung betrug etwa 1 v. H. des jeweils gemessenen Stromwertes. Die wesentlichen Merkmale des Meßkreises und seiner Ankopplung an den zur Erzeugung der Hochfrequenzströme dienenden Sender sind: Gute Abschirmung zwischen Meßkreis und Sender, symmetrischer Aufbau des Meßkreises, geringer Spannungsabfall in den Instrumenten im Vergleich zu anderen Teilen des Meßkreises, geringe Spannung der Instrumente gegen Erde bzw. den nahegelegenen Abschirmkäfig des Senders. Die Untersuchung ist abgeschlossen und wird veröffentlicht.

110. **Messung schwacher Hochfrequenzströme.** (Scheibe, Kuntze.) Die Verwendung eines Pyrometers und geeichter Einfadenlampen als Stromnormale bei Messung von Hochfrequenzströmen geringer Stärke stößt wegen mangelnder Helligkeit des Glühfadens auf Schwierigkeiten. Es wurde daher systematisch die Eignung von Photozellen als Helligkeitsindikatoren an Stelle des Pyrometers bei Strommessungen untersucht und zwei Photoamperemeter in Kompensationsschaltung ohne und mit Gleichstromverstärkung zur Erweiterung des Strommeßbereiches nach schwachen Strömen bis zu etwa 100 mA im Frequenzbereich von $3 \cdot 10^5$ Hz bis $2{,}1 \cdot 10^7$ Hz entwickelt. Die beiden Photoamperemeter wurden bei Frequenzen von etwa $2 \cdot 10^7$ Hz für Ströme zwischen 100 mA und 2 A mittels einer besonders hierfür geschalteten Baretterbrücke verglichen und ergaben innerhalb von 1 v. H. gleiche Stromanzeige. Die Veröffentlichung über die Apparaturen und das Vergleichsverfahren ist in Vorbereitung.

111. **Leistungsmessung bei Höchstfrequenz.** (Hoyer.) Auf Grund eines Prüfungsantrages wurde die Energie, die ein Höchstfrequenzheilgerät (Frequenz $= 5 \cdot 10^7$ Hz) dem Körper eines Patienten zuzuführen vermag, auf kalorimetrischem Wege gemessen. Ein Glasgefäß von den ungefähren Abmessungen des menschlichen Brustkorbes wurde mit Kochsalzlösungen von solchen Leitfähigkeiten gefüllt, wie sie im menschlichen Körper vorkommen. Die Elektroden des Heilgerätes wurden in dieses Gefäß entweder eingetaucht oder außen an die Glaswände angelegt; der letztere Fall entspricht der in der Hochfrequenztherapie üblichen Anwendung von Elektroden nach Schliephake. — Die Meßergebnisse ließen sich stets so gut reproduzieren, daß sie weniger als 1 v. H. um einen Mittelwert streuten. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Fehlermöglichkeiten wurde die absolute Genauigkeit der erhaltenen Werte zu 5 v. H. bestimmt.

112. **Vervielfachung der Normalfrequenzen.** (W. Lampe.) Die systematische Untersuchung (vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 95) synchron laufender Frequenzvervielfacher von 1000 Hz auf z. B. 10000 Hz wurde laboratoriumsmäßig beendet. Es wurde eine Schaltung entwickelt, in der zwar in üblicher Weise das 1. Verstärkerrohr mit einem auf 10000 Hz abgestimmten Anodenkreis als Verzerrer der Grundfrequenz von 1000 Hz arbeitete, in der jedoch das störende Durchschlagen der 1000 Hz dadurch unterdrückt werden konnte, daß nach mehrfacher Siebung die 10000 Hz nur zur Synchronisation eines mit 10000 Hz schwingenden selbsterregten Senders dienten. Durch sehr lose Kopplung zwischen dem die Mitnahmefrequenz erzeugenden Verzerrer und dem selbsterregten Sender war dann erreichbar, daß am Ausgang des Senders nur eine reine 10000-Hz-Frequenz vorhanden, dagegen die 1000-Hz-Frequenz völlig unterdrückt war.

113. **Empfängerprüffeld.** (W. Lampe.) Das Empfängerprüffeld wurde durch eine Hochfrequenzdifferentialmeßbrücke vervollständigt. Die Eichung der einzelnen Apparate des Prüffeldes wurde fortgesetzt.

114. **Käfigdämpfung bei Hochfrequenz.** (Scheibe, W. Lampe, Ferroni.) Es wurde die Schutzwirkung eines für Meßzwecke benötigten, doppelwandigen Faraday-Käfigs in der Größe von $4{,}0 \times 3{,}0 \times 2{,}5$ m bei Hochfrequenz in dem Bereiche von 125—1600 kHz eingehend untersucht. Die Käfigdämpfung liegt in dem untersuchten Bereich zwischen 7,5 und 11 Neper (Verkleinerungsfaktor 2000–60000). Die Veröffentlichung über die Meßapparaturen und die Ergebnisse ist in Vorbereitung.

115. **Röhrenprüffeld.** (Helmholz.) Die Apparaturen zum genauen Messen der Röhrendaten: Durchgriff, Steilheit und innerer Widerstand mittels Tonfrequenz wurden fertiggestellt und zu einem Prüffeld zusammengebaut. Die Übereinstimmung zwischen der statischen und dynamischen Messung der Röhrengrößen beträgt 1 v. H. Es wurde damit begonnen, handelsübliche Rundfunkröhren serienweise laufend zu untersuchen, um die Größe der Streuung ihrer einzelnen Charakteristiken und deren zeitliche Änderung zu erfassen. Eine Zusammenarbeit mit anderen an diesen Fragen interessierten Behörden sowie der Industrie wurde angebahnt. Der Aufbau des Prüffeldes, die Meßmethoden und ihre Genauigkeit, sowie Meßresultate werden in absehbarer Zeit veröffentlicht werden.

116. **Röhrenbau.** (Scheibe, Helmholz.) Es wurden auch in diesem Jahre laufend Spezialversuchsröhren für die einzelnen Hochfrequenzlaboratorien hergestellt, unter anderem etwa 100 Kurzwellenröhren nach Angabe des Hochfrequenzlaboratoriums für Kurzwellentechnik (siehe folgenden Abschnitt), Einfadenlampen für Strommeßzwecke, Vakuumthermoelemente usw. Viele Apparate aus Glas, wie sie die besonderen experimentellen Bedürfnisse der Hochfrequenzlaboratorien erforderten, konnten im Laboratorium selbst angefertigt werden. Ein großer Vakuumofen zum Vorentgasen der metallenen Teile der Kurzwellenröhren wurde aufgestellt.

117. **Untersuchungen sehr kurzer elektrischer Wellen (Dezimeter- und Zentimeterwellen).** (Kohl, Brendel.) Die Versuche, kräftige elektrische Schwingungen bei möglichst kurzen Wellenlängen zu erzielen, wurden fortgesetzt, insbesondere durch Weiterentwicklung des Einzelsenders als Magnetronsender. Magnetronsenderöhren im Gebiet von 80–6 cm Wellenlänge wurden mit einer Schwingleistung von 60–2 Watt, entsprechend einem Nutzeffekt von 50–8 v. H. gebaut. Für dasselbe Wellengebiet wurden entsprechende Empfangsröhren (sowohl Bremsfeld- als auch Magnetronröhren) entwickelt (s. auch vorhergehenden Abschnitt).

Zur Untersuchung der Röhren für Sende- und Empfangsversuche wurde mit dem Bau einer vollständigen Übertragungsanordnung einschließlich Modulations- und Demodulationseinrichtung begonnen. Übertragungsversuche mit Wellen bis zu 7 cm Wellenlänge wurden durchgeführt. Im Zusammenhang damit wurde besonderes Augenmerk auf die Entwicklung eines Präzisionswellenmessers für Zentimeterwellen gerichtet.

Für die Magnetronröhren wurden geeignete Elektro- und Dauermagnete gebaut.

118. **Dosismessereichung.** (Behnken, Jaeger, Nitka.) An den Einrichtungen zur Eichung von Röntgendosismessern wurden weitere Verbesserungen angebracht, durch welche die Meßgenauigkeit gesteigert wurde (vgl. Anhang Nr. 37).

119. **Überwachung von Röntgenmeßgeräten.** (Behnken, Jaeger.) Wie schon früher mit der Firma Siemens & Halske AG., so wurden jetzt auch mit den Firmen Physikalisch-Technische Werkstätten G. m. b. H. in Freiburg i. Br. und Spindler & Hoyer AG. in Göttingen Überwachungsverträge für die von diesen Firmen erzeugten Röntgendosismesser vereinbart.

120. **Apparatur für überharte Röntgenstrahlen.** (Behnken, Jaeger, Nitka, Heidenreich.) An der neu aufgestellten Röntgenapparatur für Spannungen bis zu 800 kV begegnete die Herstellung eines ausreichenden Strahlenschutzes für die mit der Apparatur arbeitenden Personen unerwarteten Schwierigkeiten. Es ist aber nunmehr erreicht, daß wenigstens bei Röhrenspannungen bis zu etwa 500 kV an keiner Stelle des Arbeitsraumes, wo sich üblicherweise Personen aufhalten, die Dosisleistung von 10 μr/s überschritten wird.

121. **Untersuchungen an Verstärkerfolien.** (Behnken, Nitka.) Versuche über die Zeichenschärfe und die schwärzungssteigernde Wirkung von Verstärkerfolien für Röntgenaufnahmen ergaben, daß es nicht möglich ist, die Folien für sich allein etwa durch Angabe einer Unschärfezahl und eines Verstärkungsfaktors zu charakterisieren. Man muß vielmehr die Folie zusammen mit dem verwendeten Filmmaterial als untrennbares System betrachten, für welches dann eine Charakterisierung der genannten Art möglich sein dürfte. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

122. **Untersuchungen an Röntgenapparaten mit dem Kathodenstrahloszillographen.** (Behnken, Nitka.) Der Kathodenstrahloszillograph bietet bei geeigneter Schaltungsweise die Möglichkeit, den zeitlichen Spannungsverlauf am Röntgenrohr auch bei ganz kurzzeitiger Einschaltung, wie sie bei Momentaufnahmen erforderlich ist, zu studieren. Diesbezügliche Untersuchungen an einem Drehstromröntgenapparat ergaben gewisse Abweichungen vom Befund anderer Autoren. Die Arbeiten werden fortgesetzt.

123. **Die Umwandlungen des festen Schwefelwasserstoffes.** (Nitka, Justi.) Zur Strukturuntersuchung kondensierter Gase wurde eine evakuierbare Debye-Scherrer-Kammer, die für Temperaturen bis herunter zu 20° abs. brauchbar ist, gebaut. Die Strukturuntersuchung von festem H_2S

zwischen 20 und 150° abs. ergab für die drei thermodynamisch bekannten Phasen dasselbe kübisch-flächenzentrierte Gitter. Das kalorische Verhalten und der Verlauf der Dielektrizitätskonstanten mit der Temperatur deuten darauf hin, daß es sich beim festen H_2S in dem genannten Temperaturbereiche um Umwandlungen höherer Art handelt. (Vgl. Anhang Nr. 74.)

124. **Untersuchungen am BeO-Gitter.** (Nitka.) Gitterkonstanten und thermischer Ausdehnungskoeffizient des hexagonalen BeO-Gitters wurden im Temperaturgebiet zwischen 20° C und 1000° C röntgenographisch gemessen.

125. **Orientierungsbestimmungen an Einkristallen.** (Nitka.) Mit Hilfe eines Laueschen Rückstrahldiagrammes kann an Einkristallen von einigen mm² Querschnitt eine Orientierungsbestimmung verhältnismäßig rasch ausgeführt werden. Es waren Belichtungszeiten von nur ½–1 Stunde, je nach der Güte und der Ordnungszahl des Kristalles, erforderlich. So wurden an *Au*-, *W*- und *Al*-Kristallen zahlreiche Orientierungsbestimmungen mit einer Genauigkeit von besser als ± 1 Bogengrad ausgeführt.

126. **Röntgenstrukturuntersuchungen für andere Laboratorien.** (Nitka.) Für verschiedene Laboratorien der Reichsanstalt wurde eine Anzahl von Kristallstrukturbestimmungen ausgeführt. Untersucht wurden Metallegierungen, Gläser, organische Präparate u. a.

127. **Prüfung von Meßwandlern.** (Hohle.) Schaltung und Aufbauelemente der von der Firma Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., hergestellten Meßwandlerprüfeinrichtung (vgl. Tätigkeitsbericht 1934, Nr. 107) wurden auf ihre Frequenzabhängigkeit hin untersucht. Es ergab sich, daß die Einrichtung für Messungen zwischen 15 und 60 Hz ohne weiteres brauchbar ist.

128. **Prüfung von Höchstspannungswandlern.** (Hohle.) Im Anschluß an die im Tätigkeitsbericht 1935 unter Nr. 103 erwähnte Prüfmethode sind neue Schaltungen entwickelt worden, die gewisse meßtechnische und wirtschaftliche Vorteile aufweisen. So können z. B. an Stelle des bisher benötigten, verhältnismäßig teuren Präzisionsglimmerkondensators billige Papierkondensatoren ohne Einbuße an Meßgenauigkeit Verwendung finden. Die Beschreibung der Schaltungen wird veröffentlicht.

129. **Hochspannungskondensator für Meßzwecke.** (Hohle, Mollwo.) Die Verwendung von handlichen Ölpapierkondensatoren bei der Prüfung von Höchstspannungswandlern mit kapazitiver Spannungsteilung (s. die vorstehende Nummer dieses Berichtes) wurde erprobt. Ein von der Firma Jaroslaw in Berlin leihweise überlassener Zylinderkondensator mit Ölpapierdielektrikum in Turbonitgehäuse war in unerwünschtem Maße von der Umgebung abhängig. Daraufhin wurde von der Firma eine zweite Ausführung gebaut, die auf Anregung der Reichsanstalt außer dem eigentlichen Meßkondensator noch einen darübergewickelten „Abschirmkondensator" enthält, der einpolig unmittelbar an Erde gelegt wird. Beide Kondensatoren (Kapazität je 40 cm) sind in ein Turbonitgehäuse eingebaut (Höhe 950 mm, Durchmesser 170 mm, Gewicht 33,3 kg) und für Betriebsspannungen bis 110 kV (Prüfspannung 240 kV) bemessen. Die Beeinflussung ist gegenüber der ungeschirmten Ausführung um eine Größenordnung heruntergegangen, so daß Gegenstände in mehr als 1 m Entfernung die Meßergebnisse nicht nennenswert beeinträchtigen.

130. **Prüfung von Meßwandlerbürden.** (Hohle.) Mit der Firma Siemens & Halske AG. wurde der Entwurf eines Bürdenmeßgerätes durchberaten, das nach dem im Tätigkeitsbericht 1934 unter Nr. 109 erwähnten Verfahren arbeitet. Die Herstellung des Gerätes durch die Firma ist aufgenommen.

131. **Abgleichanordnung für Spannungswandler.** (Mollwo.) An Spannungswandler, die neuerdings in steigendem Maße zur Erweiterung der Spannungsmeßbereiche von Leistungsmessern verwendet werden, müssen sehr hohe Genauigkeitsanforderungen gestellt werden, deren Innehaltung bei den bisher üblichen Bauweisen große Wandler und einen unverhältnismäßig hohen Materialaufwand erfordert. Es wurde eine Abgleichsanordnung erprobt, mit der die gleiche Genauigkeit auch bei kleineren Wandlern erzielt werden kann; die Anordnung besteht im wesentlichen aus einem Widerstand, einer Induktivität und einer eisengeschlossenen Drosselspule, wobei die ersten beiden Elemente Nachbildungen des Widerstandes und der Streuinduktivität der Primärwicklung, das dritte eine Nachbildung der Leerlaufinduktivität des Spannungswandlers ist. Die drei in Reihe geschalteten Elemente werden von einer Hilfswicklung gespeist; der Spannungsabfall an dem Widerstand und der Induktivität wird der Sekundärspannung des Wandlers zugeschaltet. Mit der Anordnung wurde für einen Spannungswandler der Gang des Winkelfehlers zwischen 0,7 und 1,4 der Nennspannung von − 0,5 bis + 11,0 Minuten auf − 0,6 bis + 0,7 Minuten verringert.

132. **Spannungsteiler für Spannungswandlermessungen.** (Rump, Bähre.) Auf Grund der Vorversuche für die Neukonstruktion von Spannungsteilern (vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 107) wurde ein Hochspannungsteiler von 100000 Ω mit Luftkühlung gebaut. Die Widerstandswerte

dieses Teilers ändern sich bis zu einer Spannung von 8 kV um weniger als 0,01 v. H. Darüber hinaus ist er bei kürzerer Einschaltdauer (bis zu 1 min) bis zu 12 kV mit derselben Genauigkeit verwendbar. Auf Grund der guten Erfahrungen mit diesem Teiler soll jetzt ein ähnlicher Hochspannungsteiler von 500000 Ω gebaut werden, der mit gleicher Genauigkeit bis 40 kV bzw. bis zu 60 kV (1 min) verwendbar ist.

133. **Abschaltversuche an Stromwandlern.** (Bähre.) Schaltversuche im Primärkreis von Stromwandlern verursachten bei einigen Wandlertypen Änderungen der Wandlerfehler bis zu $-0{,}7$ v. H. und $+35$ Minuten. Die Untersuchungen ergaben bestimmte Gesetzmäßigkeiten der Fehlerbeeinflussung je nach Größe und Phasenverschiebung der Bürde, sowie des Abschaltmomentes. Andere Einflüsse, wie die der Eisensorte, Windungsanordnung u. a. m. werden noch untersucht. Die theoretischen Zusammenhänge sollen mit Hilfe eines veränderbaren Musterwandlers ermittelt werden.

134. **Messungen für elektrische Prüfämter.** (Schmidt, Scheld, Hohle, Mollwo, Rump, Bähre.) Die Prüfung von Instrumenten und Apparaten, die für die Einrichtung elektrischer Prüfämter und deren Außenstellen bestimmt sind, hat beträchtlich zugenommen. Außerdem wurde eine größere Zahl von Vergleichsmessungen an Meßinstrumenten, Strom- und Spannungswandlern zwischen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und den Elektrischen Prüfämtern durchgeführt.

135. **Erweiterung der meßtechnischen Laboratorien.** (Schmidt, Scheld, Hohle.) Die Messungen an dem neuen Arbeitsplatz für Untersuchungen auf dem Stromwandlermeßgebiet wurden aufgenommen (vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 108). Die Erstellung weiterer Experimentierräume der meßtechnischen Laboratorien durch Aufstockung des Starkstromgebäudes ist im Gang.

136. **Untersuchung von Installationsfeuchtraumdosen.** (Pfestorf.) Die auf Antrag der Technischen Vereinigung von Fabrikanten gummifreier Isolierstoffe durchgeführten Untersuchungen an Installationsfeuchtraumdosen im Laboratorium wurden abgeschlossen. Ein Teilergebnis wurde veröffentlicht (vgl. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **80**, 649, 1936).

Die in besonders gefährdeten Betrieben eingebauten Dosen lassen nach $1^1/_4$-jähriger Betriebszeit Richtlinien erkennen, deren Berücksichtigung beim Bau und bei der Montage weitere Verbesserungen der Dosen bringt. Die Versuche im Betrieb werden Mitte 1937 abgeschlossen.

137. **Dielektrisches Verhalten von Öl-Harzgemischen.** (Pfestorf, Kluge.) Die Untersuchungen von Öl-Harzgemischen im Laboratorium, die in Zusammenarbeit mit einem Kabelwerk begonnen wurden, sind fortgesetzt worden und werden nunmehr auch auf die Untersuchung von Probekabeln, die mit bestimmten Tränkmassen hergestellt sind, ausgedehnt.

138. **Untersuchung von Kunststoffen.** (Pfestorf, Richter, Hetzel.) Die Untersuchungen von Kunststoffen wurden mit Rücksicht darauf, daß den Kunststoffen bei der Durchführung des Vierjahresplanes zur Gewinnung der Rohstoff-Freiheit Deutschlands ganz besondere Bedeutung zukommt, auf breiter Basis fortgesetzt. An den Arbeiten des Fachausschusses für Kunst- und Preßstoffe beim VDI hat die Reichsanstalt tätigen Anteil genommen und ihrerseits dadurch eine gewisse Unterstützung bei der Durchführung von Arbeiten erfahren. Ebenso wurden durch den Verband Deutscher Elektrotechniker die Untersuchungen an Isolierstoffen gefördert.

139. **Elektrische Untersuchungen an Isolierstoffen.** (Pfestorf, Hetzel.) Die elektrischen Messungen erstrecken sich auf die Ermittlung des dielektrischen Verlustfaktors und der Dielektrizitätskonstanten bei 50 und 800 Hz in einem großen Temperaturbereich, ferner wird die Wirkung verschiedener Vorbehandlungen sowie der Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit untersucht. Die Messungen haben zum Ziel, gewisse Angaben über die elektrischen Eigenschaften auf Grund des physikalischen und chemischen Aufbaues zu ermöglichen. Die Bestellung einer Tiefkühlanlage ist durch die Mittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht worden. Ein Teil der Untersuchungsergebnisse wird demnächst veröffentlicht.

140. **Hochspannungsmeßverfahren.** (Pfestorf, Hess.) Es wurden Versuche ausgeführt, hohe Gleichspannungen durch den dunklen Vorstrom und hohe Wechselspannungen infolge der gleichrichtenden Wirkung einer Spitze mit empfindlichem Gleichstromgalvanometer zu messen. Das Verfahren hat sich als brauchbar erwiesen und ist so weit durchgebildet, daß sich darauf ein einfaches Meßgerät für hohe Spannungen aufbauen läßt. Eine Veröffentlichung erfolgt demnächst.

141. **Eichung von Kugelfunkenstrecken.** (Pfestorf, Hess.) Für die Aufnahme von Eichkurven mit Kugelfunkenstrecken für Spannungsmessungen bis 400 kV wurden drei Präzisionskugelfunkenstrecken entworfen, die den Vorschlägen des Deutschen Ausschusses der IEC entsprechen. Die Eichkurven für zwei Funkenstrecken wurden bis jetzt aufgenommen.

142. **Vergießbare Massen.** (Pfestorf.) Die elektrische Untersuchung vergießbarer Massen bot bisher gewisse Schwierigkeiten, da diese Massen bei der Erstarrung eine große Volumenkontraktion

besitzen, die zur Bildung von Hohlräumen führt und die elektrischen Werte fälscht. Die im Tätigkeitsbericht 1935 Nr. 114 beschriebenen Verfahren zur Vermeidung dieser Schwierigkeiten wurden eingehend dargestellt. (Elektrot. Zeitschr. 57, 632, 1936.)

143. **Dielektrizitätskonstante flüssiger Isolierstoffe.** (Retzow.) Für die Messung der Dielektrizitätskonstanten von flüssigen Isolierstoffen wurde das sog. Dielkometer der Firma Haardt & Co. eingehend untersucht.

144. **Kriechstromfestigkeit von Isolierpreßstoffen.** (Richter, Pfestorf.) Auf Grund neuer internationaler Vereinbarungen wurden Versuche über die Kriechstromsicherheit von Installationsgegenständen mit Nekal *BX* als Benetzungsflüssigkeit ausgeführt. Die Untersuchungen wurden abgeschlossen; sie sollen zusammen mit Arbeiten anderer Prüfstellen als Unterlage für eine geplante internationale Prüfvorschrift benutzt werden.

145. **Gummifreie Leitungen.** (Pfestorf, Richter.) Die Forderung, Leitungen mit einer Isolation zu schaffen, die weitgehend unempfindlich gegen Treibstoffe und Öle ist, hat die Industrie zur Entwicklung gummifreier Leitungen veranlaßt. Es wurden die Eigenschaften verschiedener gummifreier Leitungsisolationen untersucht. Versuche in der Praxis mit gummifreien Leitungen sind in Angriff genommen.

146. **Elektrostatische Aufladung von Feuerlöschgeräten.** (Richter.) Gewisse Typen von Feuerlöschern, die zur Brandbekämpfung sowohl in elektrischen Schaltanlagen als auch in Treibstofflagern und Garagen benutzt werden sollen, zeigen unter Umständen erhebliche elektrostatische Aufladungen während des Betriebes. Der Mechanismus der Aufladung wurde untersucht und daran anschließend wurden Versuche zur Verhinderung der Aufladungen durchgeführt.

147. **Tropenfestigkeit von elektrotechnischen Bauteilen.** (Pfestorf, Richter.) Elektrotechnische Bauteile u. a. Hochohmwiderstände verschiedener Bauart wurden auf die Veränderung ihrer elektrischen Werte untersucht, wenn sie hohen Temperaturen und gleichzeitig hohen Luftfeuchtigkeiten ausgesetzt sind. Temperatur und Luftfeuchtigkeit konnten in weiten Grenzen verändert werden und wurden einem Tropenklima entsprechend eingestellt. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß der Isolationswiderstand nicht unbeeinflußt bleibt, daß jedoch sog. Massewiderstände durch Wahl geeigneter Isolierstoffe gegen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen weitgehend unempfindlich gemacht werden können. Die Untersuchung gab Veranlassung zur Beschaffung eines neuartigen Klimaschrankes, der in Zusammenarbeit mit der Lieferfirma weiter entwickelt wird.

148. **Drehbeschleunigungsmessungen.** (Kluge, Linckh.) Zur Messung des Drehmomentverlaufes von elektrischen Motoren aus der Anlaufbeschleunigung wurde ein neuer Drehbeschleunigungsmesser entwickelt, bei dem die Beschleunigungskraft aus der Kapazitätsänderung eines Plattenkondensators mit kleinem Luftspalt ermittelt wird. Der Kondensator ist auf eine hohe Gleichspannung aufgeladen. Zwischen den Platten ist ein Isolierstoff mit hoher elektrischer Festigkeit und guten Isolationseigenschaften angeordnet. Die Kapazitätsänderung kann mit Hilfe des im Tätigkeitsbericht 1929 Ziffer 117 beschriebenen elektrostatischen Röhrenvoltmeters aus der Spannungsänderung des Kondensators bestimmt werden. Bei der Eigenfrequenz von 1000 Hz ist noch eine Beschleunigung von $1\,s^{-2}$ meßbar.

149. **Messung von Ausgleichsdrehmomenten bei Motoren.** (Kluge, Linckh.) Mit dem vorstehend beschriebenen Drehbeschleunigungsmesser konnten neue Erkenntnisse über die beim Anlauf eines Drehstrommotors auftretenden Ausgleichsdrehmomente gewonnen werden. Es gelang erstmalig der Nachweis, daß beim Anlauf dem stationären Drehmoment ein exponentiell gedämpftes Ausgleichsdrehmoment überlagert ist, das aus einem periodischen und einem nichtperiodischen Anteil besteht.

150. **Messung der Kurvenform.** (Linckh.) Bei der zur Messung der Kurvenform entwickelten Meßbrückenschaltung mit Scheitelwertmessung durch eine Thyratronröhre (Tätigkeitsbericht 1935, Ziffer 115) wurden die Brückenfehler berechnet und durch Versuche ermittelt. Die Arbeit ist abgeschlossen und veröffentlicht. (Anhang Nr. 43.)

151. **Messung des Leistungsverlustes von Schalldämpfern.** (H. Kösters, Linckh.) In Verbindung mit Geräuschmessungen, die durch das akustische Laboratorium der Reichsanstalt ausgeführt wurden, wurde die von dem Motor eines Motorrades abgegebene Leistung beim Betrieb mit verschiedenen Schalldämpfern sowie ohne Schalldämpfer ermittelt. Während sich beim Viertaktmotor mit den Schalldämpfern im Mittel eine Verminderung der Höchstleistung von etwa 10 v. H. ergab, war beim Zweitaktmotor die Höchstleistung mit Schalldämpfern etwas größer als ohne Dämpfer.

152. **Piezoelektrische Druck- und Beschleunigungsmessungen.** (Fahrentholz, Kluge, Linckh.)
a) Untersuchungen am *Preßlufthammer*. Beim Schlag des freifliegenden Preßlufthammerkolbens auf

den Döpper entstehen so große Beschleunigungskräfte, daß die piezoelektrischen Meßkammern der üblichen Bauart nicht brauchbar sind. Es wurde eine neue Kammerbauart angegeben, bei der ein Meßquarz zwischen zwei Membranen gleicher Steifigkeit eingebaut ist, so daß störende Beschleunigungen nicht mehr angezeigt werden. Die Arbeit ist veröffentlicht (s. Anhang Nr. 38).

b) Indikator für Verbrennungskraftmaschinen. Es wurden Vorarbeiten durchgeführt für die Entwicklung eines neuen Zündkerzenquarzindikators, der unabhängig von störenden Beeinflussungen durch Massenkräfte und Erwärmungen ist und bei dem gleichzeitig der Glühwert der Zündkerze dem praktischen Betrieb angepaßt werden kann.

c) Messung von Bremsbeschleunigungen. Mit Rücksicht auf die Untersuchung von Bremsmessern wurden zur Messung des wirklichen Bremsverlaufes beim Kraftwagen Bremsversuche mit einem piezoelektrischem Beschleunigungsmesser durchgeführt. Auf Grund der hierbei gewonnenen Erfahrungen wird zur Zeit ein neuer piezoelektrischer Beschleunigungsmesser mit genügend hoher Eigenfrequenz entwickelt.

153. Untersuchung von Bremsmessern. (Bochmann, Kluge.) Bremsmesser, bei denen die Bremsverzögerung durch den Ausschlag eines Pendels bestimmt wird, werden in der Reichsanstalt nach dem Neigungsverfahren geprüft (vgl. auch Tätigkeitsbericht 1934, Nr. 126). Hierbei wird die Neigung des Bremsmessers zwangsläufig entsprechend dem angenommenen zeitlichen Verlauf der Bremsverzögerung eingestellt. Gleichzeitig wird dieser Verlauf selbsttätig aufgezeichnet.

154. Verbesserung der magnetischen Meßeinrichtung. (Steinhaus, E. Schoen.) *a) Photographische Registrierung von Magnetisierungskurven.* Eine Beschreibung der in den letzten Jahren entwickelten Einrichtung wurde veröffentlicht (Anhang Nr. 45). Vergleichende Untersuchungen an Blechproben mit dieser Anordnung einerseits und dem Siemensschen Ferrometer andererseits wurden begonnen.

b) Verlustmessungen. Neuerliche Vergleiche zwischen der Dynamometer-, der Hohleschen Brücken-, der Drysdaleschen Kompensations- und der Ferrometermethode haben gezeigt, daß bei den modernen hochlegierten Werkstoffen systematische Unterschiede gefunden werden, die ihren Grund in dem verschiedenen Einfluß der Oberwellen haben. Die erstgenannte Methode liefert etwas niedrigere Verlustwerte als die drei übrigen, die unter sich gut übereinstimmen.

155. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf das magnetische Verhalten von Metallen und Legierungen. *a) Bestimmung der Sättigungsmagnetisierung reinsten Eisens.* (Steinhaus, Kußmann, E. Schoen.) Bei der Fortsetzung der Versuche, insbesondere bei der Untersuchung des Annäherungsgesetzes, hat sich gezeigt, daß für Eisen und Eisenlegierungen der Abfall der Suszeptibilität zur Sättigung in Abhängigkeit von der Magnetisierungsintensität entgegen den früheren Annahmen linear verläuft. Dadurch wird die im vorjährigen Bericht angegebene vorläufige Zahl noch eine Korrektur erfahren.

b) Platin-Eisenlegierungen. (Kußmann.) Bei der Fortsetzung der Versuche wurde gefunden, daß die *Pt-Fe*-Legierungen, ähnlich wie die *Ni-Fe*-Legierungen, eine Anomalie der thermischen Ausdehnung besitzen. Vom reinen *Fe* ausgehend sinkt der Ausdehnungskoeffizient mit zunehmendem Platingehalt stark ab und erreicht bei rund 55 v. H. *Pt* beträchtlich negative Werte (gemessen bis zu -6×10^{-6}). Die Ausdehnung ist in diesem Gebiet abhängig von der Wärmebehandlung; es hat den Anschein, als ob die negativen Ausdehnungskoeffizienten an die Ausbildung einer Überstrukturphase (Fe_3Pt) geknüpft sind.

c) Verhalten in der Nähe des Curiepunktes. (Kußmann, A. Schulze.) Die im Tätigkeitsbericht 1933, Nr. 78, erwähnten Untersuchungen über den Verlauf des elektrischen Widerstandes, seines Temperaturkoeffizienten sowie der Magnetisierbarkeit in der Umgebung des Curiepunktes wurden abgeschlossen. Aus den Beobachtungen folgt, daß die Curietemperatur im Idealfall absoluter Homogenität einen scharf definierten Punkt und nicht, wie vielfach angenommen wird, einen „Curiebereich" darstellt. Entgegenstehende Beobachtungen sind wahrscheinlich durch Schwankungen der Konzentration innerhalb kleiner Bezirke der Probe (Kristallseigerungen) verursacht.

156. Druckabhängigkeit der Magnetisierung. (Kußmann, Ebert.) Das Ergebnis der im vorigen Bericht erwähnten Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß bei den Metallen und den weitaus meisten Legierungen nur eine unbedeutende Beeinflussung der Sättigungsmagnetisierung durch allseitigen Druck eintritt (Druckkoeffizient in der Größenordnung 0,05 v. H. je 1000 kg/cm²), während in bestimmten Legierungsgebieten (30prozentige *Ni-Fe*-, 60prozentige *Pt-Fe*- und ternäre *Fe-Co-Cr*-Legierungen) um 2 Zehnerpotenzen höhere Werte des Druckkoeffizienten (bis 6 v. H. je 1000 kg/cm²) beobachtet wurden. Zur Aufklärung dieses abweichenden Verhaltens werden die Versuche fortgesetzt.

157. **Betrieb.** (V. Vieweg, Linckh, Hänsch.) Die baulichen und elektrischen Einrichtungen des Gebäudes in der Franklinstraße wurden mit der Unterbringung des Laboratoriums für Feinmechanik und des Laboratoriums für Hochfrequenz im III. Obergeschoß sowie mit der Fertigstellung der γ-Voltanlage des Röntgenlaboratoriums abgeschlossen.

Die Bauarbeiten zur Aufstockung des Starkstromgebäudes wurden begonnen und die elektrischen Einrichtungen der neuen Laboratorien vorbereitet.

Die laufenden Reparaturen und Ergänzungen an den Batterien, Maschinen und Schaltanlagen sowie an der Heizung und den übrigen technischen Anlagen wurden ausgeführt.

158. **Prüftätigkeit der Abteilung II.**

Laboratorium für Grundeinheiten.

9	(0)	Leitungswerkstoffe,
11	(1)	Widerstandswerkstoffe,
155	(202)	Normalwiderstände,
171	(75)	Widerstandsapparate einschließlich Verzweigungswiderstände (4888 [1766] Abteilungen),
169	(189)	Internationale Westonelemente,
2	(11)	Westonelemente mit bei 4° C gesättigter Lösung,
1	(4)	verschiedene Prüfungen (1 Wasserprobe).

An 39 Normalwiderständen wurden außer der üblichen Prüfung noch Messungen bei drei verschiedenen Belastungen ausgeführt.

Die Abweichungen vom Sollwert lagen bei 163 internationalen Westonelementen zwischen $\pm 1 \cdot 10^{-4}$, bei 1 Element waren sie größer, 5 Elemente waren unbrauchbar.

Außerdem wurden für die Laboratorien der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 3 Normalwiderstände, 7 Widerstandsapparate (mit 67 Abteilungen) und 2 Normalelemente geprüft sowie 15 Leitfähigkeitsbestimmungen ausgeführt.

Laboratorium für Wechselstromnormalien.

1023	(838)	Kapazitäten von Kondensatoren,
376	(321)	Verlustwinkel von Kondensatoren,
2	(3)	Kabelproben,
5	(0)	Dielektrizitätskonstanten fester Isolatoren,
13	(36)	Spulenkapazitäten,
180	(201)	Induktivitäten von Spulen,
76	(160)	Wirkwiderstände von Spulen,
19	(46)	Widerstände.

Für die Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft:

97	(370)	Kapazitäten von Kondensatoren,
25	(209)	Verlustwinkel von Kondensatoren,
58	(39)	Induktivitäten von Spulen.

Hochfrequenzlaboratorium.

56	(155)	Resonatoren,
0	(47)	Oszillatoren,
62	(44)	Wellenlängen,
0	(1)	Senderfrequenzmessung,
0	(12)	Strommessungen bei Hochfrequenz,
2	(1)	Normalsender mit je 10 Normalquarzen,
6	(4)	Dauerabgaben von Normalfrequenzen über Leitungen an die Reichspost und an Firmen,
15	(0)	Leistungsmessungen bei Hochfrequenz.

Röntgenlaboratorium.

37	(18	Röntgenstrahlendosismesser,
1	(3)	Strahlenschutzsystem,
9	(1)	Röntgenstrahlenschutzstoffe.

Meßtechnische Laboratorien.

45 (45) Strom- und Spannungsmesser,
210 (242) Leistungsmesser,
80 (114) Elektrizitätszähler im Laboratorium,
1 (17) Elektrizitätszähler im Betriebe,
788 (551) Strom- und Spannungswandler,
65 (49) Vor- und Nebenwiderstände,
82 (16) Stufenkompensatoren,
8 (29) Sonstige Widerstände,
7 (11) Zeitkonstanten von Widerständen,
24 (17) Prüfeinrichtungen für Strom- und Spannungswandler,
6 (5) Meßzweige für Strom- und Spannungswandlerprüfeinrichtungen,
1 (1) Hochspannungsteiler,
20 (34) Sekundäre Bürden für Strom- und Spannungswandler,
42 (72) Primärelemente und Akkumulatoren,
26 (11) System- und Ergänzungsprüfungen von Gleich- und Wechselstromzählern,
7 (4) System- und Ergänzungsprüfungen von Stromwandlern,
2 (0) System- und Ergänzungsprüfungen von Spannungswandlern,
17 (9) Verschiedenes.

Für die einzelnen Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft: 43 (32) Normalwiderstände, Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser. Es wurden zur Beglaubigung zugelassen: 5 neue Systeme und 26 Abänderungen bzw. Zusätze von Elektrizitätszählern, 5 neue Systeme und 3 Abänderungen bzw. Zusätze von Strom- und Spannungswandlern. Die Zulassung zur Beglaubigung wurde in zwei Fällen für Elektrizitätszähler und in einem Falle für Stromwandler abgelehnt.

Eine Übersicht über die Tätigkeit der Prüfämter gibt die nebenstehende Tabelle.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des amtlichen Prüfwesens für Elektrizitätszähler wurden die folgenden Elektrischen Prüfämter neu errichtet:

Nr. 39 in Lübeck bei dem Städtischen Elektrizitätswerk,
Nr. 40 in Eßlingen bei den Neckarwerken AG.,
Nr. 41 in Markkleeberg bei der Energie AG. Leipzig,
Nr. 42 in Chemnitz bei dem Städtischen Elektrizitätswerk,
Nr. 43 in Bremen-Hamelingen bei dem Überlandwerk Nordhannover AG.,
Nr. 44 in Sagan bei der Kommunalen Elektrizitätslieferungs-Gesellschaft,
Nr. 45 in Halle a. S. bei der Landelektrizität G. m. b. H.

Etwa 29 weitere Prüfämter sind in Vorbereitung.

Ferner wurden 21 Außenstellen von Prüfämtern (Gesamtzahl zur Zeit 57) neu in Betrieb genommen; in Vorbereitung befinden sich etwa 200 Außenstellen.

Im Laufe des Berichtsjahres wurden zwecks Abnahme bzw. Revision 40 amtliche Prüfstellen besichtigt.

Hochspannungslaboratorium.

8 (5) Kondensatoren für Hochspannung,
8 (17) Hochspannungsapparate,
858 (774) Sorten fester Isolierstoffe,
17 (15) Sorten Isolatoren,
9 (18) Sorten vergießbarer Massen und Lacke,
23 (29) Sorten Öle,
213 (148) Sorten Kabel und Leitungen,
12 (12) Sorten Isolierüberzüge,
18 (87) Verschiedenes.

Maschinenlaboratorium.

63 (12) Motoren und Generatoren,
3 (1) Transformatoren,
0 (0) Anlasser,
5 (3) Apparate,
1 (6) Abnahme.

Übersicht über die Tätigkeit der Elektrischen Prüfämter.

Elektrisches Prüfamt Nr.	Elektrizitätszähler							Andere Apparate				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
1. Ilmenau	23062	1766	519	713	20428	5000	1543	84	124	144	5	87
2. Hamburg	87	73	24	47	13	2	5	—	—	22	602	392
3. München	62808	11288	2344	5414	6546	569	600	1208	249	759	172	23
4. Nürnberg	32262	534	293	113	12694	926	954	2458	118	112	152	93
5. Kaiserslautern	1768	14	—	14	1754	526	766	—	—	—	—	—
6. Frankfurt a. M.	48261	18	4	7	872	169	104	1143	492	24	—	2
7. Bremen	24585	93	8	74	378	117	102	122	—	84	—	44
8. Königsberg	18397	1393	250	924	10448	3113	2381	2353	—	61	33	—
9. Halle	1020	122	68	22	980	218	32	10	—	320	—	—
10. Essen	122056	34	3	—	16426	3871	2105	15	939	41	497	26
11. Ravensburg	23330	40	6	31	14410	3938	1825	1179	305	102	—	—
12. Wuppertal-Oberbarmen	36972	280	110	45	1570	260	37	377	619	356	—	—
13. Kassel	27415	5068	1528	2438	8907	2926	1835	912	99	525	—	—
14. Oranienburg	66747	—	—	—	—	—	—	4201	478	394	—	—
15. Stuttgart	22784	5728	670	1382	7259	541	378	4223	260	234	—	—
16. Kiel	18177	124	71	19	13080	3921	521	—	416	181	—	—
17. Rendsburg	5600	21	—	21	443	149	142	125	75	66	—	—
18. Berlin	217651	5514	890	575	5210	936	136	1971	2145	182	—	—
19. Rethen	17458	134	23	86	233	58	11	318	182	37	31	1
20. Gleiwitz	12184	—	—	—	397	79	40	101	188	109	—	—
21. Hannover	23959	—	—	—	—	—	—	7274	76	84	—	—
22. Magdeburg	23385	5	1	4	20260	2389	526	1438	165	311	—	—
23. Hameln	8429	30	14	16	11	3	—	284	—	21	—	—
24. Dresden	31349	—	—	—	194	3	—	2531	—	—	—	—
25. Neiße	12621	—	—	—	532	52	59	1166	387	104	—	—
26. Striegau	4127	—	—	—	1234	233	156	43	34	2	—	—
27. Dortmund	34633	2206	226	658	15080	2879	1401	944	434	63	—	—
28. Helmstedt	3846	—	—	—	—	—	—	50	50	21	—	—
29. Braunschweig	15095	3789	828	1188	1696	266	125	63	300	121	—	—
30. Wiesbaden	11156	10	—	5	466	91	163	116	110	6	—	1
31. Augsburg	8832	6	2	3	2634	823	505	4	—	—	—	—
32. Breslau	49069	17202	3761	6474	1044	147	106	4765	116	20	—	4
33. Stettin	31969	1569	404	860	193	37	28	591	—	—	—	—
34. Berlin	16270	2016	480	320	2813	886	277	366	55	27	—	—
35. Minden	22082	—	—	—	224	45	7	—	—	—	—	—
36. Halle	79	—	—	—	—	—	—	—	68	—	—	—
37. Bielefeld	12495	5020	1637	697	3733	1308	378	330	—	62	—	—
38. Koblenz	8695	—	—	—	3907	640	222	153	—	—	—	—
39. Lübeck	8541	—	—	—	164	127	37	78	8	15	—	—
40. Eßlingen	16184	—	—	—	—	—	—	417	398	—	—	—
41. Markkleeberg	12618	—	—	—	—	—	—	154	—	—	—	—
42. Chemnitz	18174	—	—	—	535	121	6	493	178	9	—	—
43. Bremen	4200	—	—	—	2928	824	477	50	—	10	—	—
44. Sagan	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45. Halle	1208	—	—	—	—	—	—	17	11	6	—	—

a) Gesamtzahl der geprüften Zähler.
b) Gebrauchte Gleichstromzähler, die vor Instandsetzung und Einregulierung geprüft wurden.
c) Zähler unter b), die die Beglaubigungsfehlergrenzen nicht einhielten.
d) Zähler unter b), die die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhielten.
e) Gebrauchte Wechselstromzähler, die vor der Instandsetzung und Einregulierung geprüft wurden.
f) Zähler unter e), die die Beglaubigungsfehlergrenzen nicht einhielten.
g) Zähler unter e), die die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhielten.
h) Tarifuhren, Zeitzähler u. andere Nebenapparate.
i) Strom- und Spannungswandler.
k) Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser und andere Meßgeräte.
l) Isolations- und Installationswerkstoffe.
m) Elektrische Gebrauchsgegenstände.

Magnetisches Laboratorium.

10 (10) Proben Flußeisen, Gußeisen, Magnetstahl,
71 (65) Proben Dynamo- und Transformatorenblech, Bandmaterial,
12 (6) Proben unmagnetischer Legierungen (Nickelstahl),
14 (1) Proben ferromagnetischer Sonderlegierungen sowie Nickel,

2 (1) Proben dia- und paramagnetischer Stoffe,
11 (13) Permanente Magnete,
1 (1) Elektromagnet,
2 (0) Magnetelektrische Kleinmotoren,
2 (0) Meßspulen,
1 (0) Wismutspirale.

Von den Blechproben wurden 27 (32) wattmetrisch, [85 (83) Eisenverlustzahlen], 33 (25) statisch, 2 (7) auf Anfangspermeabilität, 5 (0) auf Wechselstrompermeabilität, 4 (0) auf elektrische Leitfähigkeit geprüft.

Abteilung III (Wärme und Druck).

159. Gasthermometrische Messungen zwischen 14 und 90° abs. (Henning, Otto.) *a) Fixpunkte.* Die Auswertung des umfangreichen Beobachtungsmaterials ergab für eine Reihe von Fixpunkten die folgenden endgültigen Werte:

Gas	Normaler Siedepunkt		Tripelpunkt		
	t	T	t	T	p mm Hg
H_2	−252,780	20,380	−259,20	13,96	54,1
Ne	−246,087	27,073	−248,60	24,56	325
N_2	−195,808	77,352	−210,02	63,14	94,6
O_2	−182,970	90,190	−218,83	54,33	1,2

Die Dampfdrucke der genannten Gase zwischen Tripelpunkt und etwa 800 mm Hg lassen sich durch die nachstehenden Formeln mit einer Genauigkeit von wenigen Hundertstel Graden wiedergeben:

$$\text{für } H_2\text{: } \log p = 4{,}80204 + 0{,}0167335 \cdot T - 46{,}1045/T;$$
$$\text{für } Ne\text{: } \log p = 8{,}746376 - 0{,}0436834 \cdot T - 126{,}780/T;$$
$$\text{für } N_2\text{: } \log p = 7{,}781845 - 0{,}0062649 \cdot T - 341{,}619/T;$$
$$\text{für } O_2\text{: } \log p = 7{,}86224 - 0{,}0049832 \cdot T - 408{,}740/T.$$

(Vgl. Physik. Zeitschr. 37, 633, 1936; Anhang Nr. 72.)

b) Widerstandsthermometer. Die Untersuchungen über den Anschluß des *Pt*-Widerstandsthermometers PTR 205 an das Heliumgasthermometer wurden veröffentlicht. (Vgl. Physik. Zeitschr. 37, 601, 1936; Anhang Nr. 71.)

160. Platinwiderstandsthermometer als sekundäres Temperaturnormal zwischen 14 und 90° abs. (Henning, Otto.) Die in der Reichsanstalt entwickelte Formel, welche die Abhängigkeit des Widerstandsverhältnisses R_t/R_0 eines *Pt*-Thermometers von der Temperatur wiederzugeben gestattet und deren Gültigkeit kürzlich durch Messungen des Leidener Kältelaboratoriums mit einer Genauigkeit von wenigen Hundertstel Graden bestätigt wurde, enthält leider noch 5 Konstante, die durch Eichung an 5 über den Temperaturbereich zwischen 14 und 90° abs. verteilten Fixpunkten ermittelt werden müssen. Da als geeigneter Fixpunkt zwischen dem Wasserstoffsiedepunkt und dem Stickstofftripelpunkt vorläufig nur der schwer zu verwirklichende Umwandlungspunkt des Sauerstoffs bei 43,76° abs. zur Verfügung steht, war man bemüht, eine einfache Formel für die Differenz Δr, der Widerstandsverhältnisse zweier *Pt*-Thermometer bei gegebener Temperatur aufzufinden. Liegt dann für ein Thermometer, wie es für das *Pt*-Thermometer 205 der Fall ist, eine vollständige Tabelle vor, so kann die Temperatur aus den Angaben eines zweiten Instrumentes berechnet werden. Nach einer Auswertung des vorhandenen Versuchsmaterials des Leidener Kältelaboratoriums, des Bureau of Standards und der Reichsanstalt muß angenommen werden, daß die früher angegebene Formel mit zwei Konstanten

$$\Delta r_t = (T - 273)\left(A + \frac{B}{T + 10}\right)$$

um so brauchbarer wird, je reiner das verwendete Platin ist oder je ähnlicher die Verunreinigungen der miteinander verglichenen Platindrähte sind. Die Reichsanstalt hat sich daher bereit erklärt, von einem größeren Vorrat reinen Platindrahts, dessen Beschaffenheit genau untersucht und von

dem nochmals eine Probe an das Gasthermometer angeschlossen werden soll, Drahtstücke zur Herstellung von Platin-Widerstandsthermometern an interessierte Laboratorien abzugeben. (Vgl. Physik. Zeitschr. 37, 639, 1936; Anhang Nr. 73.) Die Untersuchungen über die günstigste Vorbehandlung des Platindrahtes stehen vor dem Abschluß.

161. **Zustandsgleichung der Gase.** (Otto, Strauß.) Die Versuchsanordnung, mit der die pv-Werte von Gasen bis zu Drucken von etwa 1000 Atm. gemessen werden sollen, ist zur Zeit im Bau.

162. **Technische Gase.** (Henning, Otto.) Die auf Wunsch des Normenausschusses ausgearbeiteten Normblätter „Normkubikmetergewichte" und „Heizwerte" technischer Gase sind unter DIN 1871 und 1872 veröffentlicht worden.

163. **Wärmetechnische Tabellen.** (Justi, Graf Schack v. Wittenau.) Außer den spezifischen Wärmen wurden auch die Entropien und Enthalpien technisch wichtiger Gase berechnet und tabelliert; damit konnte Anfragen aus der Motorenindustrie sowie der Luftfahrt- und Feuerungstechnik genügt werden. Eine ausführliche Veröffentlichung dieser Tabellen befindet sich in Vorbereitung.

164. **Elektrischer Widerstand von Metallen bei tiefen Temperaturen in magnetischen Feldern.** (Justi, Scheffers.) Nachdem zuerst die bisher unbekannte Erscheinung gefunden war, daß die Zunahme des elektrischen Widerstandes, die ein Einkristallgoldstäbchen bei tiefen Temperaturen (20° abs.) durch ein magnetisches Transversalfeld erfährt, von dem Winkel zwischen magnetischer Feldrichtung und Kristallachsen beträchtlich abhängt, wurde diese Anisotropie und damit zusammenhängende Fragen systematisch bei verschiedenen Temperaturen (von 78° abs. bis 1,8° abs.) und verschiedenen regulären Metallen (*Au, W, Al, Ag, Cu*) untersucht. Sowohl bei den flächenzentrierten als auch bei den raumzentrierten Metallkristallen konnten die beobachteten Anisotropien in einen eindeutigen Zusammenhang mit dem Kristallaufbau, den Verunreinigungen, der magnetischen Feldstärke und der Temperatur gebracht werden. Besonders übersichtliche Verhältnisse zeigte entsprechend seinem höchstsymmetrischen Aufbau das Wolfram. Die Ergebnisse sind mit der Theorie des freien Elektronengases nicht vereinbar, eröffnen aber die Möglichkeit eines Verständnisses der metallischen Elektrizitätsleitung durch Berücksichtigung des Kristallgitters. Weitere Versuche, insbesondere auch über den magnetischen Longitudinaleffekt, sind noch nicht abgeschlossen. Drei entsprechende Veröffentlichungen liegen bereits vor. (Vgl. Anhang Nr. 75, 76, 77.)

165. **Gasverflüssigung.** (Steiner, Graßmann, Giloi.) Es wurden 16000 Liter flüssiger Stickstoff (7400 Liter für das Kältelaboratorium, der Rest für andere Laboratorien der Reichsanstalt), 1360 Liter flüssiger Wasserstoff und etwa 60 Liter flüssiges Helium hergestellt. Von dem flüssigen Wasserstoff wurden 495 Liter an andere Laboratorien der Reichsanstalt, 20 Liter an auswärtige Institute abgegeben. Für ein anderes Laboratorium der Reichsanstalt wurden außerdem 3,5 Liter flüssiges Helium für Messungen außerhalb des Kältelaboratoriums hergestellt.

166. **Abgabe von Helium.** (Steiner, Giloi.) Aus dem Heliumvorrat des Kältelaboratoriums wurden an andere Laboratorien der Reichsanstalt 350 Liter sehr reines Helium abgegeben. Der gesamte Heliumvorrat des Kältelaboratoriums beträgt zur Zeit etwa 25800 Liter.

167. **Versuche über das Wesen der Supraleitung.** (Stark, Steiner.) Es wurden verschiedene Versuche über das Wesen der Supraleitung durchgeführt, insbesondere systematische Messungen zur Aufklärung der magnetischen Induktion in Supraleitern. Aus ihnen lassen sich Schlüsse auf die Form und das magnetische Moment des Leitungselektrons ziehen. (Veröffentlichung in der Physik. Zeitschr. 38, 1937, im Druck.)

168. **Röntgenuntersuchungen bei tiefen Temperaturen.** (Steiner, Schoeneck.) Für Röntgenuntersuchungen an Supraleitern wurde ein sehr empfindliches Elektrometer hergestellt.

169. **Untersuchungen über den Mikrowiderstand der Supraleiter.** (Graßmann, Eicke.) Mit einer bereits beschriebenen Methode (vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 136; Physik. Zeitschr. 37, 569, 1936; Anhang Nr. 70) zur Bestimmung extrem kleiner Widerstände wurde das Verhalten der Supraleiter kurz unterhalb des Widerstandsabfalles zur Supraleitung näher untersucht.

170. **Gastarbeiten.** Als Gast arbeitete im Kältelaboratorium Fräulein Dr. Cremer vom Institut für physikalische Chemie an der Universität München über die Umwandlung von Ortho- und Parawasserstoff.

171. **Konstanz pyrometrischer Band- und Fadenlampen.** (F. Hoffmann, Tingwaldt.) Unstimmigkeiten, die in technischen Betrieben bei Vergleichung verschiedener von der PTR geprüfter pyrometrischer Lampen bemerkt wurden, veranlaßten eine umfangreiche Nachprüfung einer Reihe solcher Lampen. Dabei konnte nachgewiesen werden, daß alle von der PTR im Laufe mehrerer Jahre für diese Lampen mitgeteilten Zahlenwerte innerhalb der Fehlergrenze für laufende Prüfungen (etwa 3°) übereinstimmten. Damit ist zugleich erwiesen, daß die neuen Band- und

Pyrometerlampen im Gegensatz zu den älteren Erzeugnissen der Glühlampenindustrie eine befriedigende Konstanz zeigen.

172. **Emission des Platins in Abhängigkeit von dem Austrittswinkel.** (Tingwaldt.) An elektrisch geheizten ebenen Metallstreifen aus reinem Platin wurde der Intensitätsverlauf der Strahlung für rotes Licht ($\lambda = 0{,}657\ \mu$) in Abhängigkeit von dem Ausstrahlungswinkel gemessen. Die Messungen wurden an natürlichem Licht und an den polarisierten Komponenten parallel und senkrecht zur Austrittsebene durchgeführt. An den im polarisiertem Licht ausgeführten Beobachtungen war der Einfluß der mechanischen Vorbehandlung des Platinbleches, insbesondere der Einfluß der Walzrichtung deutlich erkennbar. Das Mittel der Ergebnisse für zwei zueinander senkrecht stehende Walzrichtungen ergab für den Gang des Polarisationsgrades Übereinstimmung mit den jüngst von Schubert (Physik. Zeitschr. 37. 595. 1936) veröffentlichten Daten.

173. **Pyrometrische Untersuchungen an Oxydgemischen nach Art der Nernstmasse.** (Tingwaldt.) Schmelzpunktbestimmungen nach der Bohrlochmethode an Röhren aus Zirkonoxyd mit etwa 4 v. H. Yttriumoxydgehalt lieferten eine Schmelztemperatur in der Nähe von 2700° C. Der Beginn des Schmelzens bei langsam steigender Temperatur erfolgte plötzlich, ohne daß Anzeichen einer vorhergehenden Materialänderung beobachtet wurden. In Öfen mit Heizrohren aus diesen nach Art der Nernstmasse zusammengesetzten Oxydgemischen lassen sich daher prinzipiell nutzbare Höchsttemperaturen erreichen, die nahe der Schmelztemperatur liegen. In dem im vorjährigen Bericht erwähnten Ofen mit Heizrohr aus Nernstscher Masse konnte eine Temperatur von etwas über 2100° C nur kürzere Zeit aufrechterhalten werden, da die Platinelektroden bei längerer Belastung leicht durchbrannten. Hinsichtlich der Anbringung der Elektroden wurden nun weitere Erfahrungen gesammelt, die es ermöglichen, die nutzbare Höchsttemperatur in diesen Öfen zu steigern.

174. **Photoelektrische Strahlungsmessungen.** (F. Hoffmann, Nothdurft.) Ein spektraler Vergleich zwischen Wasserstoffkontinuum und schwarzem Körper wurde photographisch von $\lambda = 360$ bis 250 mμ durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Erreichung und Innehaltung der günstigsten Strahlungsbedingungen der Entladung noch einige meßtechnische Verfeinerungen erforderte. Die Anordnung wurde ferner zur Prüfung monochromatischer Ultraviolettintensitäten zweier Bandlampen benutzt.

175. **Kohlensäureabsorption bei 4,4 μ.** (Tingwaldt.) Die Messungen über die Absorption der Kohlensäure im Gebiet der Bande $\lambda = 4{,}4\ \mu$ konnten zu Ende geführt werden. In diesem Spektralgebiet wurden Gasschichten konstanter Dicke, die aus reiner Kohlensäure und aus Gemischen von Kohlensäure und Stickstoff bestanden, bei Atmosphärendruck im Temperaturbereich zwischen 300 und 1000° abs. untersucht. Eine reine Kohlensäureschicht von 3,3 mm Dicke unter Atmosphärendruck strahlt im Gebiet der untersuchten Bande nach den Versuchen bei den Temperaturen 500°, 700°, 800° und 1000° abs. eine Energie aus, die in Bruchteilen der gesamten Strahlungsenergie des schwarzen Körpers beziehentlich gegeben ist durch 0,0125, 0,0232, 0,0255 und 0,0233. Die Veröffentlichung der übrigen Ergebnisse wird zur Zeit vorbereitet.

176. **Glastechnische Fragen.** (Hoffmann, Tingwaldt.) Die Messungen der Flammentemperatur in technischen Glasöfen nach der Methode der Linienumkehr wurden mit verbessertem apparativen Aufbau fortgesetzt. Bei dem Versuch, eine örtlich begrenzte Flammenfärbung durch eingeführte Salze zu erzielen, stellten sich Schwierigkeiten ein, die noch nicht behoben werden konnten.

Für die Bestimmung der Wärmeabsorption von Gläsern sind einige Vorversuche methodischer Art gemacht worden.

177. **Untersuchungen über den glasigen Zustand.** (Ebert, Erk, Otto.) Im Anschluß an Untersuchungen über den Transformationspunkt von Gläsern wurden mehrere Stücke aus Jenaer Glas 16^{III} mit Hilfe eines neu beschafften Kompensographen 5 Monate gealtert (1 Monat bei 520°, dann innerhalb von 4 Monaten langsame Abkühlung auf 470°). Während die Dichte der Versuchsstücke dabei um 0,8 v. H. zunahm, änderte sich der Ausdehnungskoeffizient in den Grenzen der Meßgenauigkeit nicht. Die Untersuchung im polarisierten Licht ergab, daß nach der Alterung die vorher vorhandenen, ganz geringen Spannungen praktisch vollkommen verschwunden waren.

Die Ergebnisse können als eine Bestätigung der Auffassung der Silikatgläser als Isogele gedeutet werden, doch reichen die Versuche, die fortgesetzt werden sollen, noch nicht aus, um abgeschlossene Aussagen zu machen.

178. **Metallische Thermometerflüssigkeit bis $-60°$.** (Moser.) Die Untersuchung hierüber wurde abgeschlossen und veröffentlicht (Anhang Nr. 81).

179. **Messung von wahren spezifischen Wärmen bis 700°.** (Moser.) Die Messungen an Silber, Nickel, β-Messing, Quarzkristall und Quarzglas sind abgeschlossen und veröffentlicht worden (Anhang Nr. 80). Weitere Untersuchungen an anderen Stoffen sind in Aussicht genommen.

180. **Ausdehnungsmessungen in höherer Temperatur.** *a) Prüfanordnung.* (Ebert.) Auf Grund der bisher gesammelten Erfahrungen wurde eine Prüfanordnung aus Nernstscher Masse hergestellt, mit der relativ zu Normalstoffen Ausdehnungen zwischen 1000 und 2500° C gemessen werden können. Als ein Normalstoff bis 1800° dient Sinterkorund. Ein zugehöriges optisches Pyrometer mit zwei Rauchgläsern ist ebenfalls hergestellt und im Laboratorium für Strahlungsthermometrie geprüft worden.

b) Messungen bei hohen Temperaturen. (Ebert, Tingwaldt.) In Fortsetzung der inzwischen veröffentlichten Messungen (Anhang Nr. 65) an den Stoffen Magnesia, Sinterkorund und Zirkonoxyd sind Beobachtungen begonnen an Nernstscher Masse und Thoroxyd; ferner sind einige Versuche über Sinterungserscheinungen an Magnesia angestellt. Insbesondere wurde für die Ausdehnung von Thoroxyd zwischen 0 und t° C gefunden:

t	mm/m
0	0,0
1600	15,2
1800	18,0

Das zu dieser Messung benutzte Röhrchen wurde aus vorher geschmolzenem und wieder gepulvertem Thoroxyd in der üblichen Weise hergestellt.

181. **Ausdehnungsmessungen an Legierungen.** (Ebert, Kußmann.) Zur Ergänzung der Messungen der Druckabhängigkeit der Magnetisierung und zur Bestätigung der Versuche über den geringen Ausdehnungskoeffizienten von Platin-Eisen-Legierungen bei 55 v. H. *Pt* (siehe Nr. 156) wurden Messungen von *Ni-Fe-*, *Pt-Fe-* und *Pd-Fe*-Legierungen unternommen. Diese Messungen lagen im Temperaturbereich zwischen 0 und 700°.

182. **Feuchtemessungen.** (Ebert.) Für Untersuchungen bei verschiedenen Feuchtigkeiten, Unterdrucken und Temperaturen zwischen − 25 und + 60° ist eine Klimaanlage entworfen worden. Sie ist mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Auftrag gegeben worden.

183. **Druckwaage bis 10000 kg/cm².** (Ebert, Gieleßen.) Die im vorigen Bericht erwähnten Schwierigkeiten sind behoben worden. Bei 6000 kg/cm² wird Paraffinöl so zäh, daß der Druckausgleich zu langsam stattfindet. Es wurde daher eine Glyzerin-Wassermischung mit geringem Traubenzuckerzusatz verwendet. Dabei ergaben sich allerdings oberhalb 7000 kg/cm² Dichtungsschwierigkeiten, die bisher noch nicht völlig überwunden sind.

184. **Systematische Untersuchungen bei hohen Drucken.** (Ebert, Kußmann.) Die Untersuchung der Druckabhängigkeit der Magnetisierung verschiedener Legierungsreihen sind abgeschlossen. Für die Beobachtung bei sehr hohen Feldern wurde noch eine weitere Versuchseinrichtung unter Verwendung eines großen Elektromagneten fertiggestellt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse wird vorbereitet. Da es sich zeigte, daß zur Stützung der bei Zimmertemperatur gewonnenen Erkenntnis Versuche auch bei höheren Temperaturen (bis 200° C) wünschenswert waren, ist eine entsprechende Versuchseinrichtung hergestellt worden. Die damit durchgeführten Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

185. **Vakuumtechnik.** (Gieleßen.) Im letzten Vierteljahr sind die Untersuchungen an Vakuummetern wieder aufgenommen mit dem Ziel, die Verfahren zur Messung und Erzeugung hoher Vakua zu verbessern.

186. **Dezimalklassifikation.** (Ebert.) Wegen einiger Punkte in dem von der Reichsanstalt aufgestellten Entwurf 53 Physik für die deutsche Ausgabe der internationalen Dezimalklassifikation ist erneut verhandelt worden. Die Drucklegung ist jetzt so weit vorgeschritten, daß mit dem Erscheinen der deutschen Ausgabe zu Beginn des Jahres 1937 gerechnet wird.

187. **Eichgesetz für Fieberthermometer.** (Henning, Ebert.) Nachdem am 1. April 1936 das Maß- und Gewichtsgesetz, das jetzt auch die Bestimmungen für die Eichung der Fieberthermometer enthält, in Kraft getreten ist, wurde an den Ausführungsbestimmungen zu diesem Gesetz mitgearbeitet. Ferner wurden die Bestimmungen über die Eichfähigkeit der Fieberthermometer, sowie über die zulässigen Fehlergrenzen ausgearbeitet und im Entwurf fertiggestellt.

188. **Systematische Untersuchung an Fieberthermometern.** (Ebert.) Die eingeleiteten Versuche an Maximumvorrichtungen, vor allem der prismatischen Fieberthermometer sind fortgesetzt. Außerdem sind die Versuchsthermometer der Reichsanstalt, von denen ein Teil seit 15 Jahren beobachtet wird, erneut verglichen worden.

189. **Zustandsgrößen des Wassers im kritischen Gebiet.** (Eck.) Eine eingehende Berechnung ergab, daß die durch die Auflösung des Quarzes (von der Gefäßwand) im Wasser bedingten Korrektionen so klein sind, daß sie bei den gemessenen Volumenwerten durchweg innerhalb der erreichbaren Meßgenauigkeit liegen. Die Ergebnisse für das spezifische Volumen v' des Wassers und v'' des Dampfes wurden ausgeglichen und mit thermodynamisch berechneten Werten der Verdampfungswärme r in einer Zahlentafel von 350° C bis zur kritischen Temperatur zusammengestellt. Sie sind im Auszug hier wiedergegeben:

t °C	350	355	360	365	370	372	374	374,23
v' cm³/g	1,745	1,810	1,894	2,014	2,211	2,347	2,650	3,066
v'' cm³/g	8,793	7,881	6,960	6,008	4,954	4,444	3,630	3,066
r cal/g	212,8	194,5	172,4	144,7	106,1	83,4	40,4	0

Der kritische Druck des Wassers wurde zu 225,51 kg/cm² bestimmt.

Für die kritischen Zustandsgrößen von schwerem Wasser wurden aus den Messungen an Mischungen aus gewöhnlichem Wasser und schwerem Wasser die folgenden Werte errechnet:

$$t_k = 371{,}5°\,\mathrm{C},\ v_k = 2{,}74\ \mathrm{cm^3/g}\ \text{und}\ p_k = 221{,}5\ \mathrm{kg/cm^2}.$$

190. **Thermische Eigenschaften des Wasserdampfes.** (We. Koch.) Die Versuchseinrichtung zur Bestimmung der thermischen Eigenschaften des Wasserdampfes ist in ihrem Aufbau so weit fortgeschritten, daß demnächst mit den Vorversuchen begonnen werden kann. Es soll die spezifische Wärme, der Joule-Thomson-Effekt und die isotherme Drosselung bis zu etwa 650° und 300 Atm. gemessen werden. Zur Bestimmung des hierbei auftretenden Druckabfalls im Meßgefäß (Kalorimeter) ist ein Gerät entwickelt worden, das bei absoluten Drucken bis zu 300 Atm. eine Druckdifferenz bis zu 2 Atm. auf etwa 0,002 Atm. zu messen gestattet.

191. **Dampfdruck von Wasser zwischen 75 und 135°.** (Moser.) Eine bereits früher entwickelte statische Meßmethode mit Glasmembranmanometer, mit der seinerzeit die Abhängigkeit der Siedetemperatur des Wassers vom Druck in der Nähe von 100° gemessen wurde (Ann. d. Phys. 14, 790, 1932), ist wieder neu eingerichtet und so umgebaut worden, daß jetzt auch Dampfdrucke in einem größeren Bereich von 300—2300 mm *Hg* gemessen werden können. Es ist geplant, einem Vorschlage von Prof. Swietoslawski (Warschau) entsprechend, die statische mit der dynamischen (ebulliometrischen) Methode in dem betreffenden Druckgebiet zu vergleichen, da Wasser als primäre Eichsubstanz für ebulliometrische Untersuchungen vorgesehen ist. Die Messungen sollen gemeinsam mit Herrn Dr. Zmaczynski vom Physikalisch-Chemischen Institut der Technischen Hochschule in Warschau durchgeführt werden.

192. **Untersuchung von Normalsubstanzen für kalorimetrische Zwecke.** (Moser). Vorläufige Vergleichsuntersuchungen zwischen zwei im Handel käuflichen Benzoesäuren, die zur Wasserwertbestimmung von Verbrennungskalorimetern empfohlen werden, haben Unterschiede im oberen Heizwert gezeigt, die bei genaueren Messungen nicht mehr vernachlässigt werden dürfen. Die Vergleichsuntersuchung wird mit Hilfe einer verfeinerten Methode fortgesetzt und auch auf andere Stoffe ausgedehnt werden.

193. **Normung von Heizwertmessungen.** (Heuse, Moser.) Die Reichsanstalt war verschiedentlich bei der Normung technischer Heizwertmessungen beteiligt. So wurden u. a. Abänderungsvorschläge zum Normenblatt DIN DVM 3716 ausgearbeitet, die den neueren Erfahrungen Rechnung tragen. In diesem Zusammenhang wurde auch ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Wärmeverluste bei Heizwertmessungen angegeben, das veröffentlicht ist (Anhang Nr. 79).

194. **Wärmeleitfähigkeit von Kunstharzen.** (Erk, Poltz.) Die im Jahre 1935 mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Vereins Deutscher Ingenieure begonnene Untersuchung über die Wärmeleitfähigkeit von Kunstharzen wurde weitergeführt. Das zur Vereinfachung der Messungen und zur Abkürzung der Versuchsdauer entwickelte Vergleichsverfahren wurde auf Zuverlässigkeit und Meßgenauigkeit durch zahlreiche Versuche unter steter Abänderung der Versuchsbedingungen und Vergleich mit den nach einem Absolutverfahren erhaltenen Meßergebnissen geprüft. Das neue Gerät liefert Meßwerte mit einer Ungenauigkeit von 1—2 v. H. bei einer Versuchsdauer von nur 2½ Stunden, während eine Messung nach dem Absolutverfahren etwa 10—12 Stunden in Anspruch nimmt. Für die als Vergleichsstoff verwendete Platte aus der Schmelze Borkron 23890 (Schott und Gen., Jena) wurden zwischen 20 und 100° C folgende Wärmeleitzahlen ermittelt:

t° C	Wärmeleitzahl kcal · m^{-1} · h^{-1} · Grad^{-1}
20	$0{,}92_8$
30	$0{,}94_7$
40	$0{,}96_0$
50	$0{,}96_5$
60	$0{,}97_4$
70	$0{,}97_9$
80	$0{,}98_3$
90	$0{,}98_6$
100	$0{,}99_0$

Von 46 verschiedenen Kunstharzpreßstoffen, die von verschiedenen Kunstharzerzeugern für diesen Zweck zur Verfügung gestellt worden waren, wurde nach dem Vergleichsverfahren die Wärmeleitfähigkeit bei Zimmertemperatur gemessen. Die Untersuchungen ergaben, daß alle Preßstoffe auf Phenol- oder Harnstoffgrundlage, rein oder mit organischen Füllstoffen, größenordnungsmäßig die Wärmeleitzahl 0,26 kcal · m^{-1} · h^{-1} · Grad^{-1} haben, während anorganische Füllstoffe die Leitzahl auf das Zwei- bis Dreifache heraufsetzen. Ein Bericht über die Untersuchung wird vorbereitet. Es ist beabsichtigt, die Messungen auch bei höheren Temperaturen auszuführen.

195. **Wärmeleitzahl von Kohle.** (We. Koch, Fritz.) Zur rechnerischen Behandlung von Verbrennungs- und Schwelvorgängen der Kohle ist die Kenntnis der Wärmeleitzahl erforderlich. Diese soll für die technisch wichtigen Sorten zunächst bei gewöhnlicher Temperatur bestimmt werden. Die Vorbereitungen sind beendet. Die Versuche können in Angriff genommen werden, sobald die erforderlichen Probekörper, deren Beschaffung der Reichskohlenrat zugesagt hat, zur Verfügung stehen.

196. **Wärmeübergang an siedende Flüssigkeiten. Verdampfungsvorgang.** (Fritz, Homann.) Die im vorjährigen Bericht erwähnte Auswertung der kinematographischen Aufnahmen von entstehenden Dampfblasen wurde abgeschlossen. Die Arbeit ist veröffentlicht. (Physik. Zeitschr. 37, 391, 1936; Anhang Nr. 68).

Ebenso wurden die Versuche zur Ermittlung der Temperaturverteilung in siedendem Wasser bei atmosphärischem Druck abgeschlossen. Mit verschiebbaren Thermoelementen wurde die Temperatur in Flüssigkeitssäulen bis zu 1 m Höhe abgetastet. Es sollte mit diesen Versuchen u. a. nachgeprüft werden, ob die vielfach vertretene Annahme richtig ist, daß der Temperaturverlauf in siedendem Wasser durch die aus dem hydrostatischen Druck in jeder Tiefe zu bestimmende Sättigungstemperatur gegeben sei. Zweifel hieran erhoben sich wegen der mit dem Verdampfungsvorgang verknüpften Konvektion in der Flüssigkeit. Die Versuche zeigten nun, daß die gemessene Temperaturverteilung nicht aus dem hydrostatischen Druck berechnet werden kann. Doch ist die experimentell gefundene mittlere Wassertemperatur praktisch gleich der theoretischen (=Sättigungstemperatur in halber Wasserhöhe). Die Arbeit ist veröffentlicht. (Physik. Zeitschr. 37, 873, 1936; Anhang Nr. 69).

Die Versuchseinrichtung zur Bestimmung des Wärmeüberganges von einer waagerechten Heizfläche an verdampfendes Quecksilber (Siedetemperatur bei normalem Druck 357° C) wurde im Laufe des Jahres fertiggestellt und zusammengebaut. Da eine unmittelbare Beobachtung wie bei Wasser unmöglich ist, soll der Stand des Quecksilbers im Siedegefäß durch Wägung des in mehreren Kühlern kondensierten Quecksilbers überwacht werden. Eine Anzahl Vorversuche sind bereits durchgeführt.

197. **Zähigkeit von Gasen und Dämpfen.** (Fritz). Die Versuche mit der früher beschriebenen Versuchseinrichtung sind im Gang. Neben dem einen Schwingungsgerät, das auch für höhere Temperaturen benutzt werden kann, wurde ein zweites hergestellt, das als „Normalgerät" für die Messungen bei atmosphärischem Druck und bei Zimmertemperatur dient.

198. **Internationale Umrechnung von Zähigkeitsmaßen.** (Erk, Eck.) Anschließend an die früher für das Engler-Viskosimeter durchgeführten Untersuchungen wurde von der Industrie die Prüfung der Umrechnungstafeln für das in Amerika gebräuchliche Saybolt-Viskosimeter angeregt. Die wichtigsten Formeln und Tafeln für die Umrechnung von Sayboltsekunden in CGS-Einheiten wurden kritisch zusammengestellt und unmittelbare Vergleichsmessungen in einem vom Bureau of Standards geprüften Saybolt-Viskosimeter bei 20, 40 und 60° C mit 5 verschiedenen Normalölen der Reichsanstalt durchgeführt. Außerdem wurde in der Reichsanstalt und in verschiedenen Industrielaboratorien die Zähigkeit eines Mineralöls in Sayboltsekunden und in CGS-Einheiten bestimmt. Aus diesen Messungen und dem Schrifttum wurde als mittlere wahrscheinlichste Formel für die Umrechnung der kinematischen Zähigkeit ν (in Zentistok) in Sayboltsekunden S die Geichung

$$\nu = \frac{S}{29{,}0} \cdot 6{,}163 \left[1 - \left(\frac{29{,}0}{S}\right)^5\right]$$

abgeleitet. Die Umrechnungsfaktoren wurden als unabhängig von der Temperatur gefunden. Anschließend wurden einige Berechnungen durchgeführt, die einen Einblick in die Strömungsverhältnisse im Saybolt-Viskosimeter geben sollen. Eine Veröffentlichung der Untersuchung wird vorbereitet.

199. Internationaler Vergleich von Zähigkeitsmessungen. (Erk, A. Schmidt.) *a)* Die vom National Physical Laboratory vor drei Jahren zu Vergleichsmessungen eingesandten Kapillarviskosimeter, die inzwischen in Frankreich, den Vereinigten Staaten und Holland untersucht worden sind, wurden nochmals geprüft, da in der Zwischenzeit durch Verbesserungen am Fundamentalviskosimeter eine größere Genauigkeit in der Bestimmung der Zähigkeit unserer Normalöle erreicht wurde. Nachdem alle beteiligten Laboratorien ihre Messungen abgeschlossen haben, ist demnächst mit einem Gesamtbericht von seiten des National Physical Laboratory zu rechnen.

b) Im Zusammenhang mit den für das Zentrallaboratorium eines großen ausländischen Konzerns durchgeführten Prüfungen wurden 12 Vogel-Ossag-Kapillaren an diesem Laboratorium und der Reichsanstalt geeicht. Es ergab sich unter Berücksichtigung der auf verschiedener Grundlage aufgebauten Absolutbestimmung der Zähigkeit eine befriedigende Übereinstimmung. Die Abweichungen betrugen nur in 4 Fällen mehr als 1,1 v. H.

200. Zähigkeitsmessungen mit dem neuen Fundamentalviskosimeter. (Erk, A. Schmidt.) Mit den zur Verfügung stehenden Kapillarsätzen von 1,5 und 2,3 mm lichter Weite wurde zunächst die Zähigkeit von 2 Normalölen neu bestimmt. Dabei ergab sich eine Übereinstimmung von $\pm$ 0,2 v. H. zwischen den mit den beiden Kapillarsätzen erhaltenen Meßwerten (vgl. Anhang Nr. 67). Zur Erweiterung des Meßbereiches wurde ein Kapillarsatz mit etwa 3 mm Durchmesser ausgemessen.

201. Systemprüfung eines technischen Viskosimeters. (Erk, A. Schmidt.) Die Untersuchungen über die Brauchbarkeit und die Meßgenauigkeit des eingereichten Normalmodells des Höppler-Viskosimeters (vgl. Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 167) bei der Messung der Zähigkeit von Gasen (H_2, O_2, He, Ne, CO_2 und trockener Luft) zwischen 20 und 95° C wurden abgeschlossen. Eine Veröffentlichung über die Untersuchung erfolgt demnächst.

202. Konsistenzmessung von Schmierfetten. (Erk, Eck.) Mit einem technischen Konsistenzmesser, der im wesentlichen aus einem zylindrischen Vorratsgefäß mit angesetzter Kapillare besteht, durch die das Fett hindurchgepreßt wird, wurden 9 verschiedene Schmierfette untersucht. Nach Übereinkunft ist dabei die das Fett charakterisierende „Konsistenzzahl" durch jene Zahl definiert, die gleich dem geringsten Gewicht in kg ist, das dem Fett in der Kapillare eine Strömungsgeschwindigkeit von 1 cm/min erteilt. Die bei 20° C ausgeführten Versuche wurden durch solche bei 50° C ergänzt, bei welchen der zeitliche Temperaturanstieg im Fett gemessen wurde. Zur Zeit werden mit zwei neuen Versuchsanordnungen Messungen durchgeführt, die einen Einblick in die Strömungsverhältnisse im Fett geben sollen. Weiterhin ist geplant, das in Nr. 203 erwähnte Gerät auch zur Kennzeichnung der Schmierfette heranzuziehen, um den physikalisch schlecht definierten Begriff der „Konsistenz" durch den Fließwiderstand zu ersetzen.

203. Verhalten von Schmierölen und Treibstoffen bei tiefen Temperaturen. (Erk, Hoppe.) Die bisher gebräuchlichen Verfahren zur Bestimmung des Stockpunktes oder des Fließbeginns von Schmierölen und Treibstoffen genügen nicht den Anforderungen der Praxis. Es wurde deshalb ein Verfahren entwickelt, das den Fließwiderstand als Funktion der Temperatur und des treibenden Druckes im ungestörten Zustand (Fließfestigkeit) und nach Zerstörung der Erstarrungsstruktur zu messen gestattet. Die Bildung und das Verhalten der Struktur wurde gleichzeitig mit dem Mikroskop untersucht. Nachdem die grundsätzliche Durchführbarkeit des Meßverfahrens nachgewiesen ist, werden jetzt Vergleichsversuche mit praktisch erprobten Ölen ausgeführt, und es wird versucht, ein für Industrielaboratorien geeignetes Meßgerät zu entwickeln.

204. Prüftätigkeit der Abteilung III.

Laboratorium für allgemeine Thermometrie und Kalorimetrie.

1338	(911)	Feine Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,02° und 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°, hiervon 117 (129) Kalorimeterthermometer,
1958	(1717)	Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,05° und mehr, geprüft in Temperaturen bis 100°,
45	(39)	Siedethermometer für Höhenmessungen,
183	(154)	Beckmannsche Thermometer,
132	(109)	Tiefseethermometer,
1346	(1267)	Hochgradige Thermometer,
101	(100)	Tiefgradige Thermometer, darunter 41 (19) Pentanthermometer für Temperaturen bis — 190°.

Von 5103 (4297) nichtärztlichen Thermometern entsprachen 126 (118) nicht den Prüfungsbestimmungen, 21 (9) gingen beschädigt ein, 7 (9) wurden bei der Prüfung beschädigt; im ganzen mußten 154 (136) Thermometer, d. h. 3,0 (3,2) v. H. aller eingereichten nichtärztlichen Thermometer als unzulässig zurückgegeben werden.

10 (11) Widerstandsthermometer,
1 (3) Meßeinrichtung für Widerstandsthermometer,
103 (86) Thermoelemente, darunter 60 (41) aus Platin-Platinrhodium, 3 (10) aus Platin-Platinrhenium, 19 (10) aus Nickel-Chromnickel, 5 (7) aus Konstantan-Eisen, 4 (0) aus Konstantan-Silber, 10 (15) aus Konstantan-Kupfer, 1 (0) aus Heraeus plus-Heraeus minus, 1 (0) aus Heraeus minus-Nickeleisen,
36 (16) Thermoelemente verschiedener Legierungen teils mit Ablesegalvanometer (für Laboratorien der Reichsanstalt),
1 (0) Silitstab. Bestimmung der Stromstärke bei 600–1000°,
21 (20) Millivoltmeter für thermoelektrische Zwecke,
102 (30) Legierungsringe für Schwartzkopffsche Dampfkessel-Sicherungsapparate,
4 (0) Schmelzpunktbestimmungen an Drahtproben,
5 (6) Temperaturmessungen an Sturmlaternen,
30 (37) Schreibethermometer für Molkereibetriebe, davon 2 (1) für die Systemprüfungen.
16 (24) Wasserwertbestimmungen von Verbrennungskalorimetern,
19 (7) Heizwertbestimmungen, hiervon
12 vollständige, einschließlich Elementaranalyse,
7 Bestimmungen des oberen Heizwertes,
6 (6) Bestimmungen von spezifischer Wärme,
60 (0) Meßrohre für Wärmemesser,
61 (21) Hochgradige Thermometer mit Argon gefüllt.

Prüfung nichtärztlicher Thermometer beim Thüringischen Staatsprüfamt Ilmenau.

4460 (2775) Laboratoriumsthermometer bis 100°, davon 4275 zulässig,
2930 (2664) Laboratoriumsthermometer bis 600°, davon 2578 zulässig,
897 (482) Meteorologische Thermometer, davon 761 zulässig,
397 (298) Gewerbliche Thermometer, davon 370 zulässig,
186 (84) Thermometer für den häuslichen Gebrauch, davon 109 zulässig.

Künstlich gealtert wurden 211 (212) und unter Druck gefüllt 5251 (5010) Thermometer.

Laboratorium für Fieberthermometrie.

Übersicht über die vom 1. Januar bis 31. Dezember 1936 zur Prüfung eingereichten Fieberthermometer (einschließlich der in den Eichämtern für Fieberthermometer in Ilmenau und Zerbst geprüften Instrumente).

Geprüft wurden	PTR	Thüringisches Eichamt für Fieberthermometer	Anhaltisches	Summe
Einschlußthermometer	234383	4000237	508163	4742783
Stabthermometer	51767	1550177	87	1602031
Insgesamt	286150 (271690)	5550414 (5739117)	508250 (493729)	6344814 (6504536)
Davon erhielten auf Antrag einen Stempel	274506	5166573	490586	5931665
Davon erhielten auf Antrag keinen Stempel	—	211623	3947	215570
Unzulässig (in v. H.)	3,8 (5,0)	2,8 (3,0)	2,63 (3,4)	2,8 (3,1)

Laboratorium für Strahlungsthermometrie.

15 (13) Bandlampen, davon 8 mit Projektionslinse und 1 zur Bestimmung der spektralen Intensitätsverteilung im sichtbaren Gebiet,
12 (8) Glühfadenpyrometer, mit 15 Glühlampen und 8 (13) Rauchgläsern,
1 (2) Mikropyrometer,
7 (10) Ausschlaginstrumente zur Temperaturmessung,
6 (15) Silitstäbe (Strombelastung zur Erzielung bestimmter schwarzer Temperaturen).

Laboratorium für Druck und Ausdehnung.

30	(33)	Quecksilberbarometer,
8	(10)	Aneroidbarometer,
119	(194)	Manometer für Messungen bis 2500 kg/cm²,
119	(43)	Tiefsee-Umkippthermometer mit geschlossenem Schutzrohr,
35	(31)	Tiefsee-Umkippthermometer mit offenem Schutzrohr (darunter 13 Instrumente mit langen Versuchsreihen),
2	(1)	Thermo-Hygrographen,
16	(15)	Stoffe auf Ausdehnung,
13	(1)	Zugmesser,
2	(0)	Druckproben von Glasröhren,
1	(0)	Druckprobe eines Druckkessels,
11	(94)	Lotröhren,
2	(0)	Proben auf Kompressibilität,
3	(0)	Proben spezifischer Gewichtsbestimmung,
1	(0)	Druckwaage.

Laboratorium für Wärmetechnik.

2	(0)	Untersuchungen der Wärmeübertragung an gefüllte Gefäße,
2	(3)	Bestimmungen der Wärmeleitzahl,
2	(0)	Bestimmungen von Dampfdrucken.

Laboratorium für Viskosimetrie und Erdölapparate.

0	(1)	Systemprüfung von Zähigkeitsmessern,
160	(161)	Zähigkeitsmesser für empirisches Maß (Englergrade), darunter 17 (14) mit Zehntelgefäß, 2 (1) vierfache, 1 (2) zweifacher,
311	(295)	Kapillaren zum Zähigkeitsmesser nach Vogel-Ossag,
1	(6)	Zähigkeitsmesser nach Höppler mit zusammen 5 (24) Fallkugeln,
4	(0)	Zähigkeitsmesser nach Ubbelohde,
1	(0)	Zähigkeitsmesser nach Ostwald,
1	(5)	Flüssigkeitsprobe zur Prüfung von Zähigkeitsmessern,
21	(8)	Petroleumprober,
25	(10)	Flammpunktprüfer nach Pensky-Martens,
63	(32)	Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel DIN DVM 3661,
1	(1)	Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel nach Cleveland,
3	(1)	Siedeapparate für Mineralöle,
6	(7)	Bestimmungen der Zähigkeit und Dichte von Mineralölen,
1	(0)	Bestimmung der Viskositätspolhöhe,
0	(1)	Prüfung von Tropfflaschchen,
3	(2)	Stockpunktbestimmungen,
1	(0)	Prüfung eines Konsistenzmessers.

Abteilung IV (Optik).

205. Arbeiten am Mach-Zehnderschen Interferenzapparat. (Janicki.) Die Arbeiten werden fortgeführt.

206. Internationale Saccharimetrie. (Einsporn.) Auf der 9. Tagung der Internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchung vom 31. August bis 4. September in London wurden Vorschläge über den Gebrauch der Saccharimeter in den Tropen (Anhang Nr. 103) und über den Anschluß der Prüfung der Normal-Quarzplatten an die neue elektrische Lichtquelle, die Natriumkleinlampe, gemacht (Anhang Nr. 99). Die Vorschläge wurden von der Kommission angenommen.

207. Polarimetrische Untersuchungen. (Einsporn.) Das Ultraviolettpolarimeter ist noch nicht fertiggestellt. Der zur Anfertigung seiner Optik dienende, geschmolzene Quarz wurde auf seine Brauchbarkeit hin untersucht.

Das für die Prüfung der Normal-Quarzplatten dienende große Polarimeter soll überholt werden. Es ist inzwischen durch den 1929 für andere Zwecke hergestellten großen Polarisationsapparat (mit 0,001° Teilkreisablesung) der Firma Franz Schmidt & Haensch geeignet ersetzt worden.

Das Laboratorium beteiligte sich an der Lösung der an die polarisierenden Folien geknüpften Frage nach ihrer praktischen Verwendung in der Lichtbild- und Scheinwerfertechnik durch Ausführung eigner Laboratoriumsversuche.

Die Untersuchung über die nützliche Umwandlung des aus Monochromatoren austretenden polarisierten Lichtanteils in natürliches Licht bestätigte für konvergentes Licht die vorzügliche Wirkung einer beliebig zur optischen Achse und planparallel geschliffenen Quarzplatte. Eine praktisch hinreichende Leistung auch im Falle parallelen Lichtes konnte an einer Doppelplatte festgestellt werden. Diese besteht aus zwei für konvergentes Licht geltende Platten gleicher Dicke und Achsenlage. Als Doppelplatte sind beide Platten so hintereinander geschaltet, daß ihre Oberflächen um 180° in sich gegeneinander gedreht sind. Den gleichen Erfolg gibt eine einzige, als Spezialanordnung dieser Doppelplatte geltende, planparallele und parallel zur optischen Achse geschliffene Quarzplatte geeipneter Dicke.

208. **Spiegel aus Kruppstahl.** (Einsporn.) Die im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten 4 Metallspiegel aus den nichtrostenden Kruppstählen V2A und V2M wurden erneut nach einem Jahre auf Ebenheit untersucht. Eine merkliche Änderung der Oberfläche wurde diesmal bei keinem gefunden.

209. **Kitt hoher Brechzahl.** (Einsporn.) Genauere Versuche hierüber mit Kalium-Quecksilber-Jodid als optischem Kitt bestätigten die anfangs gemachten praktisch günstigen Ergebnisse. Für das Ultraviolett eignet er sich wegen seiner hier obwaltenden starken Absorption nicht.

210. **Streulichtmessungen.** (Einsporn.) Für die Durchforschung der verwickelten Erscheinungen des Streulichts in optischen Apparaten unter Einbeziehung des von Plotnikov gefundenen Volum- oder Längsstreulichts ist eine Versuchsanordnung in der Entwicklung.

211. **Kathodenzerstäubung.** (Wetthauer.) Arbeiten mit der Kathodenzerstäubungseinrichtung wurden laufend ausgeführt.

212. **Photographische Arbeiten.** (Wetthauer.) Die auszuführenden photographischen Arbeiten, die sich auch auf die Anfertigung von Strich- und Halbtondruckplatten (Raster) erstreckten, haben sich weiter stark vermehrt.

213. **Durchlässigkeit von Filtern und Schutzgläsern im ultravioletten Spektralgebiet.** (Wetthauer.) Die hierfür vorhandene Apparatur wurde vollständig umgebaut und wesentlich verbessert.

214. **Messungen an Autoscheinwerfern.** (Spiller.) Es hat sich die Notwendigkeit ergeben, im Interesse der Verkehrssicherheit eine Typenprüfung für Automobilscheinwerfer einzuführen. Die Vorarbeiten für den Aufbau eines neuen Laboratoriums für diesen Zweck sind auf Anregung und mit Unterstützung des Herrn Reichsverkehrsministers so weit fortgeschritten, daß mit der Inbetriebnahme des neuen Laboratoriums in einiger Zeit gerechnet werden kann.

215. **Internationale Lichteinheit,** (Dziobek.) Die Vorschläge bezüglich einer gemeinsamen Lichteinheit, auf der Strahlung des schwarzen Körpers beruhend, sind nunmehr fertig ausgearbeitet worden und haben bereits die Zustimmung der wesentlich beteiligten Staatsinstitute (Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Bureau of Standards, Washington, National Physical Laboratory, Teddington und Laboratoire Centrale d'Electricité, Paris) gefunden. Voraussichtlich wird über die Vorschläge im Laufe des kommenden Jahres entschieden werden.

216. **Farbtemperaturskala.** (Dziobek, Korte.) Es ist unabhängig vom schwarzen Körper durch Vergleich der relativen Energieverteilung von Glühlampen eine Farbtemperaturskala von 2600–3200° abs. aufgestellt worden. Die Arbeit wurde nötig, weil die sich bis 2800° abs. erstreckende Skala des Bureau of Standards nicht mehr ausreicht, um die Farbtemperatur hochbelasteter Glühlampen festzulegen. In dem gemeinsamen Gebiet von 2600–2800° abs. beträgt der Unterschied beider Skalen 30°. (Vgl. Anhang Nr. 107.)

217. **Hefnerkerze.** (Gehrcke, Göbert, Müller†.) Die seit längerer Zeit erstrebte Verbesserung der Meßgenauigkeit der Hefnerkerze wurde nunmehr verwirklicht. Die Meßgenauigkeit der Hefnerlampe ist jetzt vergleichbar derjenigen des schwarzen Körpers. Da die Hefnerlampe vor dem schwarzen Körper u. a. den Vorteil erheblich größerer technischer Einfachheit hat, wird dadurch in die im Fluß befindliche Frage der Lichteinheit (vgl. Nr. 215) ein neuer Gesichtspunkt gebracht. (Vgl. Anhang Nr. 101.)

218. **Leuchtdichte des schwarzen Körpers bei der Temperatur des erstarrenden Platins.** (Willenberg.) Für die Durchführung dieser Arbeit wurden eine optische Spezialbank nebst zugehöriger Optik und Justiereinrichtung sowie eine Kompensationseinrichtung fertiggestellt.

219. **Prüfung an Luminophoren,** (Dziobek, Korte.) Die große Zahl der im Berichtsjahr eingegangenen Prüfungsanträge, hat wünschenswert erscheinen lassen, den Einfluß des Purkinje-Phänomens bei der Messung von Luminophoren näher zu untersuchen. Es sind Filterkombinationen hergestellt worden, von denen feststeht, daß bei ihrer Benutzung das Purkinje-Phänomen nicht mehr eintritt, obwohl trotz Herstellung visueller Farbengleichheit die Energieverteilung der von dem

Luminophor ausgehenden Strahlung von der Energieverteilung der durch die Filter gegangenen Strahlung der Vergleichslampe abweicht. Die Messungen erstreckten sich sowohl auf radiolumineszente wie auf photolumineszente Substanzen (auch bei Anregung durch langwelliges U.-V.). Zum Teil wurden auch Abklingkurven aufgenommen.

220. **Helligkeitsmessungen an Lupen nach dem Visolettsystem.** (Dziobek, Korte.) Die in der Zeitschrift für Instrumentenkunde erschienenen mehr theoretischen Arbeiten über den Gegenstand sind Anlaß gewesen, eine Meßeinrichtung zur experimentellen Nachprüfung zu entwickeln. Dabei ist Wert darauf gelegt worden, die Verhältnisse, die bei der praktischen Verwendung vorhanden sind, bei der Messung möglichst genau einzuhalten.

221. **Normung photographischen Materials.** (Dziobek, Spiller.) Es wurden eine Reihe von Einzelarbeiten zur Normung der Farbenempfindlichkeit photographischer Schichten ausgeführt. Insbesondere wurde die zeitliche Beständigkeit der für die Normung in Aussicht genommenen Filterlösungen untersucht. – Eine Vereinheitlichung der Skalen von lichtelektrischen Belichtungsmessern soll angestrebt werden. Die Arbeiten hierzu sind in Verbindung mit den Herstellerfirmen aufgenommen worden.

222. **Rückstrahlermessungen.** (Dziobek, Willenberg.) Neben den laufenden Prüfungen wurden folgende Arbeiten erledigt: Verbesserung und Ergänzung der Prüfeinrichtung, zahlreiche Abnahmeprüfungen für größere Behördenlieferungen, insbesondere für die Sicherungsanlagen von Reichsbahnübergängen, Vorbereitung von optischen Vorschriften für Reichsautobahnrückstrahler und von neuen schärferen Vorschriften für Fahrradrückstrahler. 12 Rückstrahlerprüfzeichen mußten entzogen werden. Auf Grund eines besonderen Abkommens werden nunmehr auch die Rückstrahler für den Freistaat Danzig in der Reichsanstalt geprüft.

223. **Gesamtstrahlungsmessungen.** (Theissing.) Es wurde eine Prüfeinrichtung entwickelt und aufgestellt, bei der unter definierten Blenden- und Hintergrundsbedingungen sowohl verschiedene Gesamtstrahlungen gegen einen festgehaltenen Strahlungsempfänger verglichen als auch Empfänger (Bolometer, Thermosäule usw.) absolut geeicht werden können. Der Absolutwert der Strahlungsenergie wird zunächst durch Kohlefadennormale des Bureau of Standards und der PTR repräsentiert. Hierfür ist ferner ein absolutes Bolometer in Vorbereitung, so daß der Absolutwert sowohl durch den Strahler als durch den Empfänger geliefert wird.

224. **Spektrale Messungen.** (Lau, Theissing.) Die bei der Messung mit Strahlungsthermoelementen gelegentlich zu beobachtenden Unsicherheiten in der relativen Energieermittlung eines Spektrums wurden darauf zurückgeführt, daß der örtlich ungleichmäßig empfindliche Thermostreifen Energien nur dann richtig vergleicht, wenn auf der Streifenoberfläche überall gleichmäßige Intensität oder wenigstens ein gleicher örtlicher Verlauf der Intensität herrscht. Wegen der technischen Bedeutung, die Strahlungsthermoelemente haben, wird noch hierüber berichtet werden.

225. **Messungen an Quecksilberlampen.** (Lau, Theissing.) Die Photometrierung von *Hg*-Linien-Spektrogrammen (Heräus-Quarzbrenner) ergab innerhalb der Lampe eine andere Intensitätsverteilung für $\lambda = 546\ m\mu$, als z. B. bei den gelben Linien, bei welchen sich Stellen höherer und niedrigerer Leuchtdichte deutlicher ausprägten. Diese Erscheinung, die mit den Termeigenschaften zusammenhängt ($2\,p_1$-Term), muß bei Energiemessungen berücksichtigt werden.

226. **Nullpunktslage von Strahlungsempfängern.** (Lau, Theissing.) In Luft stehende Empfänger, wie Thermosäulen, sind bekanntlich selbst in geschützten Räumen bezüglich der Ruhelage des Galvanometerausschlages stark abhängig vom Wind, überhaupt von raschen Luftdruckschwankungen. Sogar eine in einem Exsikkator eingeschlossene Thermosäule zeigte am angeschlossenen Galvanometer noch eine starke Beeinflussung durch Wind. Diese Erscheinungen werden noch näher untersucht. An ganz windstillen Tagen sind Thermosäulen auch ohne Schutz genügend ruhig. Vakuumbolometer ergeben meist große Schwankungen, vermutlich wegen des Temperaturgefälles von der geheizten Folie nach außen. Die beste, ungefähr 10mal so ruhige Nullpunktslage weisen Vakuumthermoelemente auf.

227. **Ableseverfahren von Galvanometerausschlägen.** (Theissing, Goebert.) Für Ablesungen von Galvanometerausschlägen bei größeren Nullpunktsschwankungen wurde vorteilhaft ein einfaches Zeichenverfahren angewandt, welches Zahlenprotokollieren und Nullpunktsmittlung erspart. (Vgl. Anhang Nr. 106.)

228. **Abbildung des Monochromatorspaltes auf Thermoelementen.** (Lau, Theissing.) Bei der Verwendung eines Strahlungsempfängers zu spektralen Messungen kommt es auf dessen spezifische Empfindlichkeit (je mm^2) an. In der Erkenntnis, daß danach Thermoelemente zwar die geeignetsten Indikatoren sind, daß jedoch in der Abbildungsoptik bei der Lichtkonzentrierung auf dem Thermostreifen bedeutende Verluste auftreten, sind verschiedene Achromate (Spiegel und Linsen) für den gesamten Quarzbereich vorbereitet, an denen die optimalen Bedingungen studiert werden sollen.

229. **Untersuchung der Strahlungseigenschaften von Materialien, insbesondere im Ultraviolett.** (Lau, Theissing, Leo.) Im Zusammenhang mit Prüfaufträgen von Firmen und auswärtigen Dienststellen wurden neuentwickelte Lichtbogen und Entladungslampen auf ihre Strahlungseigenschaften im ultravioletten und ultraroten Gebiet untersucht. Eine Ulvirsonne wurde gegen eine Nitrawendellampe verglichen. Der nach UV. und UR. ansteigende Quotient Ulvirsonne : Nitrawendellampe wies bei etwa 600 mμ ein Minimum auf. In der Mitwirkung des UR. ist neben therapeutischer Wirksamkeit ein Mittel gegeben, das wegen der starken Hitzewirkung vor schädlichen UV.-Dosen bewahrt.

230. **Photoelektrisches Frequenzprüfgerät mit Ultrarotoptik.** (Müller†, Lau, Leo.) An Stelle des beabsichtigten Baues einer mit Ultrarotoptik versehenen Lichtsirene mit Druckwasserantrieb ergaben sich für spektrale Frequenzprüfungen an Photozellen einfachere Möglichkeiten. Hierzu wurde eine Spezialkonstruktion eines neuen lichtstarken Doppelmonochromators mit Austauschoptik für das sichtbare und ultrarote Gebiet angeregt und in Auftrag gegeben.

231. **Frequenzuntersuchungen an Photozellen und Lichtquellen.** (Leo.) Die Untersuchungen wurden auf eine Reihe weiterer Materialien, neuer Zellentypen und Lichtquellen ausgedehnt.

232. **Verbesserung des Registrierphotometers.** (Lau.) Zwecks Verbesserung des Auflösungsvermögens des vorhandenen Registrierphotometers im Gebiet starker Schwärzungen wurden Vorversuche mit Zwischenschaltung einer Elektrometerröhre zwischen Photozelle und Registrierelektrometer vorgenommen. Durch Wahl geeigneter Schaltung kann der Verlauf der Empfindlichkeitscharakteristik des Elektrometers verbessert und eine erhöhte Registrierauflösung im Gebiet flacher Gradation erreicht werden. Eine entsprechende Zusatzeinrichtung zum Registrierphotometer ist im Bau.

233. **Prüftätigkeit der Abteilung IV.**

Laboratorium des Direktors.

2 (3) Spektralanalytische Prüfungen.

Laboratorium für Polarimetrie.

8 (0) Saccharimeter-Quarzplatten auf optische Reinheit, Planparallelismus, Achsenfehler und Drehungswert,
7 (0) Quarzplatten auf Reinheit,
4 (0) Glas- bzw. Quarzglasprismen auf Spannung, Schlieren und Ebenheit ihrer Flächen,
18 (0) Homosilplatten (feingekühltes Quarzglas) auf Spannung,
15 (0) Butyrometer auf Spannung,
17 (16) Gefüllte Ampullen auf Spannung, von zweien der Verlauf der Spannung photographisch registriert,
9 (0) Polarisationsfolien auf Polarisationsgrad und Lichtverlust,
2 (1) Objektivscheiben auf Schlieren und Spannung; Bestimmung der Doppelbrechung,
3 (13) Vergleichsglasplatten auf Ebenheit ihrer 3 Standardflächen,
4 (0) Glaskeile auf Ebenheit ihrer 8 Flächen,
1 (0) Metallspiegel auf Ebenheit.

Laboratorium für angewandte Optik.

30 (21) Glasproben, 22 (6) Folien, 2 (0) Kalkspatprismen, auf Durchlässigkeit für Licht verschiedener Wellenlängen,
6 (5) Ferngläser auf Vergrößerung, Lichtstärke, Größe des Gesichtsfeldes usw.,
8 (6) Glasplättchen, 1 Prisma auf Brechungsexponenten für verschiedene Spektrallinien,
41 (10) Photographische Objektive auf chromatische Aberration, sphärische Aberration, Lage der Bildflächen usw.,
2 (0) Objektive auf Brennweite,
2 (0) Objektive auf Schlierenfreiheit und Abbildungsgüte,
2 (0) Weitwinkelobjektive auf Verzeichnung,
3 (0) Objektive auf chromatische und sphärische Aberration im ultraroten Spektralgebiet,
3 (0) Objektive auf sphärische und chromatische Aberration im UV.-Gebiet,
1 (0) Linse auf Brechungsexponenten im UV.-Gebiet,
2 (0) Linsen auf Schnittweiten für verschiedene Spektrallinien,
2 (0) Linsen auf Krümmungsradien,
1 (0) Prisma auf Prismenwinkel,
3 (0) Keile auf Ablenkung für gelbes und grünes Licht.

Laboratorium für Photometrie.

5 (5) Hefnerlampen,
9 (4) Kohlefadenlampen, davon 5 (0) als Normallampen für photometrische Zwecke und 4 (4) zur Bestimmung der Farbtemperatur für kolorimetrische Zwecke,
366 (248) Metalldrahtlampen, davon
208 (135) als Normallampen für photometrische Zwecke,
20 (0) in Verbindung mit je 1 Blauglas als Normallampen für photometrische Zwecke,
12 (5) als Normallampen für photometrische Zwecke bei 2 Spannungen,
20 (11) zur Nachprüfung als Normallampen für photometrische Zwecke,
19 (21) zur Bestimmung der Empfindlichkeit photographischen Negativmaterials nach DIN 4512,
4 (46) für verschiedene Zwecke,
83 (10) in Dauerprüfung mit insgesamt 82603 (4475) Brennstunden,
46 (1) Glühlampen bzw. Glimmlampen zur Prüfung für Steuerzwecke,
22 (25) Petroleumlampen bei 4–6 Lichtstärken,
9 (7) Scheinwerferkohlen auf Teil- und Gesamtleuchtdichte,
5 (1) Universalphotometer,
2 (0) Trüb- bzw. Mattglaskeile auf direkte und diffuse Durchlässigkeit,
18 (4) Glasproben, Lösungen und photographische Schichten (Durchlässigkeit, Reflexion, und Absorption, teilweise bei einzelnen Wellenlängen),
11 (0) Opalglasglocken auf Hohlkörperdurchlässigkeit nach DIN 5036,
3 (3) Opalglasscheiben bzw. Milchfolie (Lichtverteilungskurven bei weißem und monochromatischem Licht),
46 (26) Gläser verschiedener Art auf spektrale Durchlässigkeit,
60 (10) Photographische Schichten auf Schwärzung für sensitometrische Zwecke,
6 (0) Spektralaufnahmen für eine Untersuchung der landwirtschaftlichen Hochschule, Berlin,
51 (0) Luminophore auf Leuchtdichte.

Laboratorium für Rückstrahlerprüfung.

120 (194) Rückstrahlerprüfungen,
2 (11) Lichtverteilungskurven,
58 (0) Stichproben für Behördenlieferungen,
34 (12) Nachprüfungen,
1 (0) Rückstrahlerprüfgerät.

Strahlungslaboratorium.

601 (597) Registrierphotometrierungen und Spektralaufnahmen,
13 (18) Photozellen auf spektrale relative Empfindlichkeit,
6 (1) Photozellen auf spektrale absolute Empfindlichkeit in Coul/cal,
10 (14) Photozellen auf Frequenzabhängigkeit,
2 (3) Bolometer auf Empfindlichkeit,
4 (4) Strahlungsthermoelemente auf Empfindlichkeit,
3 (0) Thermosäulen auf absolute Empfindlichkeit,
1 (0) Strahlungsquelle spektral gegen andere verglichen,
1 (1) Doppelmonochromator bezüglich $\Delta\lambda$-Bereich im Ultrarot,
1 (1) Doppelmonochromator bezüglich Wellenlängeneichung,
3 (4) Eichlampen als Gesamtstrahlungsnormale,
1 (0) Thermoelement mit Abbildungsoptik, angebaut an Gitterspektrographen, auf Thermospannung für absolute spektrale Energie,
2 (2) Verstärker auf Frequenzabhängigkeit,
20 (0) Gläser auf spektrale Durchlässigkeit.

Berlin-Charlottenburg, im Januar 1937.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Stark.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1936.

1. Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1935. Physik. Zeitschr. **37**, 277, 1936 und Anhang zu den Wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt **19**, 1935.
2. Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt **20**, 5 Hefte, 270 Seiten und Anhang S. I–44. Leipzig, Verlag S. Hirzel, 1936.
3. Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abteilung I, 13. Reihe, Nr. 15.
4. Fünfte Verordnung über Änderung der Eichgebührenordnung. Vom 13. August 1935. Reichsgesetzbl. 1935, I, S. 1096; Mitt. **13**, 361, 1936.
5. Fünfte Verordnung über Änderung der Eichordnung. Vom 27. Januar 1936. Reichsgesetzbl. 1936, I, S. 42; Mitt. **13**, 362, 1936.
6. Verordnung über Übergangsbestimmungen für die Neueichung von Meßgeräten. Vom 27. Januar 1936. Reichsgesetzbl. 1936, I, S. 46; Mitt. **13**, 368, 1936.
7. Zusätze zur Instruktion zur Eichordnung Nr. 622—629. Mitt. **13**, 369—379, 1936.
   622. Prüfung von Stoffbandmeßwerkzeugen, von Wegstreckenmessern an Kraftfahrzeugen und von Fahrpreisanzeigern an Kraftdroschken. Mitt. **13**, 369, 1936.
   623. Stoffmeßmaschinen. Mitt. **13**, 377, 1936.
   624. Ledermeßmaschine Bauart Turner. Mitt. **13**, 378, 1936.
   625. Laufgewichtswaage mit Stückzählvorrichtung Bauart „Adres" der Firma A. Dresdner in Merseburg. Mitt. **13**, 379, 1936.
   626. Selbsttätige Balkenwaage Bauart Ca zur Abwägung von Körnermischfutter. Mitt. **13**, 379, 1936.
   627. Selbsttätige Balkenwaage Bauart C zur Abwägung von Körnermischfutter. Mitt. **13**, 379, 1936.
   628. Nachstromregler für selbsttätige Balkenwaagen der Bauart Ca (Librawerk) mit umklappbarem Gegengewicht. Mitt. **13**, 379, 1936.
   629. Voreiler für selbsttätige Balkenwaagen. Mitt. **13**, 379, 1936.
8. Entscheidungen. Mitt. **13**, 380—383, 1936.
   Durchmesser der Meßwerkzeuge für Flüssigkeiten mit gleichmäßiger Einteilung. Mitt. **13**, 380, 1936.
   Wiederholung der Neueichung von Brückenwaagen nach Auswechslung der Pendelgehänge. Mitt. **13**, 380, 1936.
   Bedingungen für die nachträgliche Anbringung einer bzw. einer weiteren Entlastungsvorrichtung an Gleis- oder Fuhrwerkswaagen. Mitt. **13**, 380, 1936.
   Hauptschild und Ausbesserungsschild eichfähiger Gasmesser. Mitt. **13**, 381, 1936.
   Gehäusestempelung bei Gasmessern des Systems XIa. Mitt. **13**, 380, 1936.
9. Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter, Nr. 396 bis 428. Reichsministerialblatt **63**, 848, 1935; **64**, 1, 21, 60, 68, 87, 99, 107, 114, 121, 142, 146, 166, 175, 187, 217, 257, 262, 266, 372, 385, 511, 1936; Elektrizitätswirtschaft **35**, 24, 95, 259, 260, 280, 319, 416, 440, 516, 539, 540, 563, 564, 610, 611, 612, 640, 715, 740, 763, 764, 896, 940, 1936.
10. Bekanntmachung der Firmen, denen Rückstrahlerprüfzeichen auf Grund der Reichsstraßenverkehrsordnung vom 28. Mai 1934 (Reichsgesetzbl. 1934, I, S. 459, Ausführungsbestimmungen ebenda S. 872 und 889) zuerteilt bzw. entzogen worden sind. Reichsministerialblatt **64**, 24 und 137, 1936; Reichsverkehrsblatt, Ausgabe B: Kraftfahrwesen 1936, S. 41, 197, 246, 275, 343, 379.
11. Bekanntmachung über die Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte nach § 9 der Verordnung zur Durchführung des § 33d der Gewerbeordnung vom 22. Mai 1935 (Reichsgesetzbl. 1935, I, S. 683):
   6. Mitteilung vom 19. Februar 1936, Reichsministerialblatt **64**, 41, 1936.
   7. Mitteilung vom 20. Februar 1936, Reichsministerialblatt **64**, 41, 1936.
   8. Mitteilung vom 26. Februar 1936, Reichsministerialblatt **64**, 42, 1936.
   9. Mitteilung vom 11. März 1936, Reichsministerialblatt **64**, 67, 1936.
   10. Mitteilung vom 13. März 1936, Reichsministerialblatt **64**, 72, 1936.
   11. Mitteilung vom 17. März 1936, Reichsministerialblatt **64**, 72, 1936.
   12. und 13. Mitteilung vom 19. Mai 1936, Reichsministerialblatt **64**, 139, 1936.
   14. Mitteilung vom 13. Juli 1936, Reichsministerialblatt **64**, 231, 1936.
   15. Mitteilung vom 17. September 1936, Reichsministerialblatt **64**, 382, 1936.
   16. Mitteilung vom 27. Oktober 1936, Reichsministerialblatt **64**, 478, 1936.
12. Bekanntmachung über die Einbehaltung von mechanisch betriebenen Spielgeräten. Reichsministerialblatt **64**, 113, 1936.
13. Bekanntmachung über die Haftung bei Beschädigung der zur Prüfung eingereichten mechanisch betriebenen Spielgeräte. Reichsministerialblatt **64**, 113, 1936.

13a. Bekanntmachung betreffend den Termin der Einführung der absoluten elektrischen Einheiten. Physik. Zeitschr. **37**, 38, 1936; Wissensch. Abh. **20**, 14, 1936.

Präsidialabteilung.

Amtliche Veröffentlichungen.

14. Bomke, H. Über die Intensitätsdissymmetrie im longitudinalen Starkeffekt der Balmerserie. Physik. Zeitschr. **37**, 417, 1936.
15. Grützmacher, M., und W. Lottermoser. Neuere Untersuchungen an Flügeln. Akust. Zeitschr. **1**, 49, 1936.
16. Meister, F. I. Die physiologische Wertung von Erschütterungsmessungen. Akust. Zeitschr. **2**, 1, 1937.
17. Ritschl, R., und H. Schober. Isotopieverschiebung im Neonspektrum. Physik. Zeitschr. **38**, 6, 1937.
— Scheffers, H., siehe Justi, lfde. Nr. 75, 76, 77.
18. Stark, J., R. Ritschl und H. Bomke. Die Wirkung des magnetischen Feldes auf die Polarisation der ruhenden und der bewegten Lichtemission von Kanalstrahlen. Physik. Zeitschr. **37**, 427, 1936.
19. — und M. Schön. Abhängigkeit der Polarisation der Lichtemission von Kanalstrahlen. Physik. Zeitschr. **36**, 431, 1936.
20. Thienhaus, E., mit F. Trendelenburg und E. Franz. Klangeinsätze an der Orgel. Akust. Zeitschr. **1**, 59, 1936.

Private Veröffentlichungen.

21. Bomke, H. Neuere Ergebnisse und Methoden der Vakuumspektroskopie. Physik. Zeitschr. **37**, 222, 1936.
22. Bürger, K. Messungen an Zahnrädern. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **80**, 1408, 1936.
23. Hild, K., mit F. Wever. Zur Umwandlungskinetik des Austenits. V. Vergleich von Magnetisierungs- und Widerstandsisothermen eines selbsthärtenden Stahls. Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. f. Eisenforschung Düsseldorf **18**, 43, 1936, Abh. 300.
24. Keil, W. Allgemeine mechanische Meßkunde. I. Physik in regelmäß. Ber. **4**, 77, 1936.
25. — Über die Veredlung der Taschenuhr. Uhrmacherkunst **61**, 5, 1936.
26. — Die Genauigkeit der sportlichen Zeitmessung und die neuzeitlichen Anforderungen an diese. Kinotechnik **18**, 330, 1936.
27. Lob, P. Spielgeräte und ihre Wirtschaftlichkeit. Automaten-Rundschau 1936, S. 1.
28. Meidinger, W. Messung der Entwicklungsgeschwindigkeit an einzelnen Bromsilberkörnern. Photogr. Ind. 1936, S. 1305, H. 49.
29. — Kapitel „Lichtempfindliche Stoffe" in: Stoffhütte, 1937 (im Druck).
30. Rieckmann, E. Bau und Einsatz des Zeitfilmgerätes bei den Olympischen Spielen 1936. Kinotechnik **18**, 332, 1936.
31. Schmidt, O. v. Zur Theorie der Erdbebenwellen. Die „wandernde Reflexion" der Seismik als Analogen zur „Kopfwelle" der Balistik. Zeitschr. f. Geophys. **12**, 109, 1936.
32. — Neue Erklärung des Kurzwellenumlaufs um die Erde. Vortrag, 12. Deutscher Physiker- und Mathematiker-Tag, Salzbrunn 1936. Zeitschr. f. techn. Phys. **17**, 443, 1936.
33. Stark, J. Philipp Lenard als deutscher Naturforscher. In: Naturforschung im Aufbruch, herausgeg. von A. Becker. München, J. F. Lehmanns Verlag, 1936.

Abteilung I.

Private Veröffentlichungen.

34. Johannsen, H. Eichfähige Grenzwaagen und Grenzwägemaschinen (Sortiermaschinen). Feinmech. u. Präzision **44**, 37 u. 75, 1936.
35. Ohnesorge, W. v. Die Bildung von Tropfen und die Auflösung flüssiger Strahlen. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. **16**, 355, 1936.
36. Padelt, E. Die volumetrische Messung von Mineralölen und die einschlägigen eichgesetzlichen Vorschriften. Öl und Kohle, vereinigt mit Erdöl und Teer **12**, 907, 1936.

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

37. Behnken, H. Über die Genauigkeit der Eichung von Röntgendosismessern. Physik. Zeitschr. **37**, 878, 1936.
38. Fahrentholz, S., J. Kluge und H. E. Linckh. Über neue Quarzdruckmeßkammern für piezoelektrische Meßverfahren. I. Physik. Zeitschr. **38**, 73, 1937.
39. Goens, E., und E. Schmid. Elastische Konstanten, elektrischer Widerstand und thermische Ausdehnung des Magnesiumkristalls. Physik. Zeitschr. **37**, 385, 1936.
40. Gremmer, W. Über ein Normalelement von kleiner Spannung. Physik. Zeitschr. **37**, 697, 1936.
41. Kußmann, A. Über eine Ausdehnungsanomalie der Platin-Eisenlegierungen. Physik. Zeitschr. **38**, 41, 1937.
42. — und Alfred Schulze. Zur Definition des „Curiepunktes". Physik. Zeitschr. **38**, 42, 1937.
43. Linckh, H. E. Eine neue Brückenschaltung zur Kurvenformmessung. Physik Zeitschr. **38**, 105, 1937.

— Nitka, H. Siehe Justi, lfde. Nr. 74.
44. Scheibe, A., und U. Adelsberger. Nachweis von Schwankungen der astronomischen Tageslänge im Jahre 1935 mittels Quarzuhren. Physik. Zeitschr. **37**, 415, 1936.
45. Steinhaus, W., und E. Schoen. Selbsttätige Aufzeichnung von Magnetisierungskurven. Physik. Zeitschr. **38**, 1, 1937.
46. Steinwehr, H. v., und Alfred Schulze. Untersuchungen über die Wärmetönung bei metallischen Umwandlungen. IV. Nickel. Physik. Zeitschr. **37**, 753, 1936.

Private Veröffentlichungen.

47. Adelsberger, U. Die Quarzuhren der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **80**, 147, 1936.
48. — Zeitmessung mit Quarzuhren und Nachweis von Schwankungen der astronomischen Tageslänge. Uhrmacher-Woche **43**, 109, 1936.
49. — Die Gänge von Quarzuhren und die Schwankung der astronomischen Tageslänge. Forschgn. u. Fortschr. **12**, 91, 1936.
50. — Die astronomisch ermittelte Zeit und Zeitmessung mit Quarzuhren. Geist. Arb. **3**, Nr. 22, 1936.
51. Giebe, E. Mitarbeit an Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl., 3. Erg.-Bd., III. Teil, 1936.
52. Jaeger, R. Mitarbeit an Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl., 3. Erg.-Bd., III. Teil, 1936.
53. Kußmann, A. Mitarbeit an Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl., 3. Erg.-Bd., III. Teil, 1936.
54. — Mitarbeit am Chemiker-Taschenbuch 1937.
55. Nitka, H. Über die Zahl der L-Dispersionselektronen. Physik. Zeitschr. **37**, 445, 1936.
56. — Geräte der Elektromedizin. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **80**, 1153, 1936.
57. Pfestorf, G. Die Anwendung von Isolierstoffen als Baustoff. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **80**, 649, 1936.
58. — und R. Vieweg. Untersuchungen an vergießbaren Massen. Elektrot. Zeitschr. **57**, 632, 1936.
59. Richter, E.-F. Über die Konstitution der Glühkathodenentladung in der Nähe und im Innern von hohlen Glühkathoden. Zeitschr. f. techn. Phys. **17**, 306, 1936.
60. Scheibe, A. Genaue Zeitmessung. Erg. d. exakt. Naturwiss. **15**, 262, 1936.
61. Schulze, Alfred. Neuere Untersuchungen an Halbleitern. Chem.-Ztg. **60**, 545, 1936.
62. — Das Kalzium. Chem.-Ztg. **60**, 733, 1936.
63. — Aus den metallkundlichen Arbeiten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Zeitschr. f. Metallkde. **28**, 328, 1936.
64. Steinhaus, W. Mitarbeit an Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl., 3. Erg.-Bd., III. Teil, 1936.

Abteilung III.

Amtliche Veröffentlichungen.

65. Ebert, H., und C. Tingwaldt. Ausdehnungsmessungen bei Temperaturen bis 2000° C. Physik. Zeitschr. **37**, 471, 1936.
66. Erk, S., und A. Keller. Die Wärmeleitfähigkeit von Glyzerin-Wassergemischen. Physik. Zeitschr. **37**, 353, 1936.
67. — und A. Schmidt. Über die Grundlagen der Zähigkeitsmessung an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Physik. Zeitschr. **37**, 489, 1936.
68. Fritz, W., und W. Ende. Über den Verdampfungsvorgang nach kinematographischen Aufnahmen an Dampfblasen. Physik. Zeitschr. **37**, 391, 1936.
69. — und F. Homann. Über die Temperaturverteilung im siedenden Wasser. Physik. Zeitschr. **37**, 873, 1936.
70. Graßmann, P. Untersuchungen über die Mikrowiderstände der Supraleiter. Physik. Zeitschr. **37**, 569, 1936.
71. Henning, F., und J. Otto. Anschluß von Platinwiderstandsthermometern an das Heliumgasthermometer im Gebiet von 14—90° abs. Physik. Zeitschr. **37**, 601, 1936.
72. — — Dampfdruckkurven und Tripelpunkte im Temperaturgebiet von 14—90° abs. Physik. Zeitschr. **37**, 633, 1936.
73. — — Das Platinwiderstandsthermometer als sekundäres Temperaturnormal zwischen 14° und 90° abs. Physik. Zeitschr. **37**, 639, 1936.
74. Justi, E., und H. Nitka. Über die Umwandlungen des festen Schwefelwasserstoffs. Physik. Zeitschr. **37**, 435, 1936.
75. — und H. Scheffers. Über den elektrischen Widerstand des Goldes bei tiefen Temperaturen im magnetischen Transversalfeld. Physik. Zeitschr. **37**, 383, 1936.
76. — — Über den elektrischen Widerstand des Goldes bei tiefen Temperaturen im magnetischen Transversalfeld. II. Physik. Zeitschr. **37**, 475, 1936.
77. — — Die elektrische Anisotropie von Wolfram-Einkristallen bei tiefen Temperaturen in starken magnetischen Transversalfeldern. Physik. Zeitschr. **37**, 700, 1936.
78. Meißner, W., und F. Heidenreich. Über die Änderung der Stromverteilung und der magnetischen Induktion beim Eintritt der Supraleitfähigkeit. Physik. Zeitschr. **37**, 449, 1936. (Teilweise nach Messungen von W. Meißner sowie von W. Meißner und R. Ochsenfeld.)
79. Moser, H. Ein vereinfachtes und genaues Verfahren zur Berechnung der Wärmeverluste bei Heizwertmessungen. Physik. Zeitschr. **37**, 529, 1936.

80. Moser, H. Messung der wahren spezifischen Wärme von Silber, Nickel, β-Messing, Quarzkristall und Quarzglas zwischen + 50 und 700° C nach einer verfeinerten Methode. Physik. Zeitschr. **37**, 737, 1936.
81. — Über Quecksilber-Thalliumlegierungen und ihre Verwendung für thermometrische Zwecke. Physik. Zeitschr. **37**, 885, 1936.

Private Veröffentlichungen.

82. Ebert, H. Apparate und Meßmethoden der Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe. I. Phys. in regelmäß. Ber. **4**, 97, 1936.
83. — Fortschritte der Vakuumtechnik. IX. Glas u. Apparat **17**, 117, 127, 149, 1936.
84. — Mitarbeit an Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl., 3. Erg.-Bd., III. Teil, 1936.
85. — Karl Scheel 70 Jahre. Zeitschr. f. techn. Phys. **17**, 65, 1936.
86. — Karl Scheel, Nachruf. Zeitschr. f. Phys. Vorblatt zu Bd. **104**, 1936; Glas u. Apparat **17**, 217, 1936.
87. Erk, S. Technische Aufgaben auf dem Gebiete der Grenzflächenkräfte. Zeitschr. d. Ver. D. Ing., Beih. Verfahrenstechnik Nr. 1, S. 13, 1936.
88. — Der Wärmeübergang von kondensierendem Dampf an geneigte Rohre. Forschung a. d. Geb. d. Ingenieurw. **7**, 207, 1936.
89. — Begriffe und Bezeichnungen der Fließkunde. Öl u. Kohle **12**, 642, 1936.
90. — Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1935. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **80**, 1150, 1936.
91. — Wärmeleitfähigkeit von Kunstharzen. Kunst- u. Preßstoffe Nr. 1, S. 37. Berlin, VDI-Verlag, 1937.
92. Fritz, W. Stand der Wärmeforschung (Tagungsbericht). Arch. f. Wärmewirtsch. **17**, 332, 1936.
93. — Versuche über den Verdampfungsvorgang. Arch. f. Wärmewirtsch. **17**, 333, 1936.
94. Henning, F. Mitarbeit an Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 5. Aufl., 3. Erg.-Bd., III. Teil, 1936.
95. Justi, E. Über die Beeinflussung von Umwandlungstemperaturen durch ein äußeres Magnetfeld. Physik. Zeitschr. **37**, 766, 1936.
96. Koch, We. Messung der Luftfeuchtigkeit mit Thermoelementen ohne künstliche Belüftung. Gesundheits-Ing. **59**, 504, 1936.
97. Otto, J. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Der Sternfreund **1**, 97, 1936.
98. — Über physikalische Eigenschaften technischer Gase. Feuerungstechnik **34**, 187, 1936.

Abteilung IV.

Amtliche Veröffentlichungen.

99. Einsporn, E. Die Normung der Quarzkontrollplatten. Die Deutsche Zuckerind. **62**, 203, 1937.
100. Gehrcke, E. Wie die Energieverteilung der schwarzen Strahlung in Wirklichkeit gefunden wurde. Physik. Zeitschr. **37**, 439, 1936.
101. — M. Goebert und C. Müller †. Eine Verbesserung der Hefnerkerze. Physik. Zeitschr. **37**, 881, 1936.

Private Veröffentlichungen.

102. Dziobek, W. Zur Begriffsbestimmung der lichttechnischen Grundgrößen. Das Licht 1935, S. 9.
103. Einsporn, E. Der Hundertpunkt der Saccharimeterskala. Die Deutsche Zuckerind. **62**, 23, 1937.
104. Gehrcke, E. Atmung und Alkohole. Forschungen u. Fortschr. **12**, 195, 1936.
105. — Welche Aussichten bietet das Heilklima für den Tuberkulosekranken? Mitteilungsbl. d. Bundes d. D. Tuberkulösen e. V., Februar 1936.
106. Goebert, M. Graphische Aufzeichnung und Auswertung von Galvanometerausschlägen mittels verschiebbarer Skala. Zeitschr. f. Instrumentenkde. **57**, 1937 (im Druck).
107. Korte, H. Eine neue Skala für hohe Farbtemperaturen. Diss. Universität Berlin, 1936.